

# 装备现场级综合诊断系统设计

刘福军<sup>1</sup>, 蔡德咏<sup>1</sup>, 孟 晨<sup>2</sup>, 汤宫民<sup>1</sup>, 王 成<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 72465 部队, 济南 250022; 2. 军械工程学院 导弹工程系, 石家庄 050003)

**摘要:** 为了更好地应对基层保障人员在高技术武器装备现场保障过程中保障效能不足的问题, 基于网络为中心的架构和标准化的信息描述, 提出了一种装备现场级综合诊断系统的技术方案; 利用便携式自动测试设备和远程技术支持系统集成各级保障机构的测试诊断资源和装备全寿命周期的保障信息资源, 并通过网络将相关的诊断资源提供给现场的保障人员, 为现场的装备故障诊断提供直接的、实时的、工程化的支持, 能有效提高部队对复杂武器系统的现场抢修效能。

**关键词:** 综合诊断; 自动测试设备; 现场级; 网络为中心; 信息描述

## Design of O-level Integrated Diagnostic System for Weapon Equipment

Liu Fujun<sup>1</sup>, Cai Deyong<sup>1</sup>, Meng Chen<sup>2</sup>, Tang Gongmin<sup>1</sup>, Wang Cheng<sup>2</sup>

(1. 72465 Unit of PLA, Jinan 250022, China; 2. Dept. of Missile Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

**Abstract:** In order to better solve the problem of insufficient support ability of high-tech weaponry, the technical scheme of Organizational Level (O-Level) Integrated Diagnostic System (IDS) for weapon systems was put forward based on network-centric architecture and standard information description. Test and diagnosis resources of repair shop at all levels and total life cycle information resources of weapon systems were integrated by Portable Automatic Test Equipment (PATE) with Remote Intelligent Support System (RISS). This allows more complex maintenance issues to be accomplished at Forward Operating Locations (FOLs) by better utilizing the most relevant diagnostic information to enable direct, real-time, and engineering assistance when needed. O-Level IDS can effectively improve O-level maintainer support ability of complex weapon equipment.

**Keywords:** integrated diagnostics; ATE; O-Level; network-centric; data description

## 0 引言

现代战争的新型作战模式对现场装备保障的快速性、准确性的提出了更高的要求, 同时随着新型装备综合化、智能化、技术密集程度的不断提高, 现场保障的难度越来越大<sup>[1]</sup>。为适应现代高新技术武器装备的维修保障要求和部队的应用需求, 综合诊断技术得到了越来越多的重视和应用。美军从 20 世纪 80 年代开始, 相继开展了“通用综合维修与诊断支持 (GIMADS)”和“综合诊断开放系统方法演示验证 (OSAIDD)”等项目的研究<sup>[2-3]</sup>。目前, 综合诊断技术已用于美军 F/A-22、F-35、UH-60 黑鹰直升机、M1 坦克等装备的保障中。实践证明, 综合诊断技术对解决武器装备测试诊断问题, 提高武器装备综合诊断能力、降低武器装备保障费用具有重要的作用<sup>[4-5]</sup>。国内对综合诊断的方法及有关技术的研究起步较晚, 航空和舰艇装备研究部门已经开展了综合诊断技术体系和方法的研究<sup>[6-7]</sup>, 在陆战装备方面, 综合诊断技术研究应用还较少。

本文针对基层保障人员在高技术武器装备现场保障过程中保障效能不足的问题, 构建了一种基于信息的现场级装备综合诊断系统, 利用便携式自动测试设备和远程技术支持系统集成各级保障机构的测试诊断资源和装备全寿命周期的保障信息资源, 通过网络把测试与诊断的相关信息提供给现场的保障人员, 使维修保障实现综合化、知识化和信息化, 促进战场保障

能力的提高。

## 1 系统体系结构

“综合诊断”将武器装备的所有测试诊断问题作为一个整体来看待和解决, 是测试诊断领域中的一种新思路和技术途径<sup>[8]</sup>。综合诊断通过综合装备的测试性、自动测试、人工测试、诊断预测、安全评估与预测、维修辅助工具、技术信息、维修培训、人员和自主保障等构成诊断能力的所有要素, 使设备系统的诊断能力达到最佳的结构化设计和管理的过程。综合诊断的目的是利用最少的费用最有效地检测、隔离装备内已知的或预期发生的所有故障。

针对基层保障人员装备保障过程中复杂故障诊断困难的问题, 基于网络为中心的架构和标准化的信息描述, 构建了一种装备现场级综合诊断系统模型, 如图 1 所示。系统通过便携式自动测试设备和远程技术支持系统将装备内部的嵌入式传感器 (BIT)、便携式自动测试设备信息、现场专用测试设备信息及操作使用人员信息和远程的装备基本信息库、故障案例库、装备器材管理系统、交互式电子技术手册 (IETM) 和装备保障专家等诊断要素综合起来, 每个要素产生的信息可供其它要素利用, 基于网络使诊断信息在整个综合诊断系统中流动, 引导装备维修保障资源向往维修装备聚集。现场级综合诊断系统的“综合”主要体现在以下两个层面:

1) 各级装备保障机构诊断资源的综合。充分协调现场级、基地级 (远程) 可利用的诊断资源如机内自检设备 (BIT)、便携式自动测试设备、通用的测试系统以及技术手册和远程专家支持系统等诊断资源, 通过数据、信息和知识的融合与共享, 从原有的单机故障检测模式转变为可异地控制、分布式处理的协同诊断与分析模式, 实现诊断功能的合理分配、诊断要

收稿日期: 2014-04-26; 修回日期: 2014-07-02。

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目 (2014M562576)。

作者简介: 刘福军 (1964-), 男, 山东莱州人, 博士, 高级工程师, 主要从事复杂电子装备自动测试技术等方向的研究。

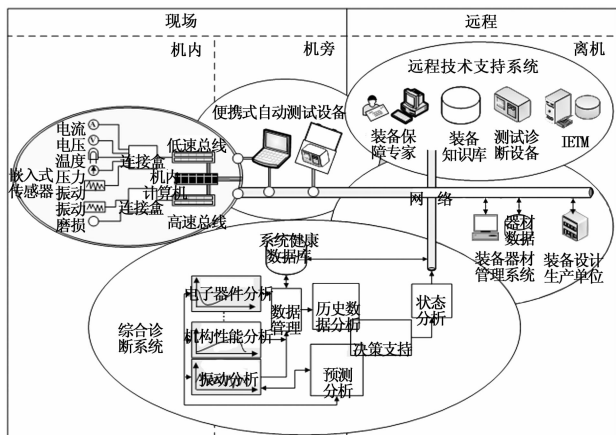


图 1 现场级综合诊断系统体系结构

析软件、TPS 测试程序的开发与执行软件、IETM 开发运行软件、故障诊断与定位软件、远程测试诊断信息数据库、远程专家诊断支持软件。

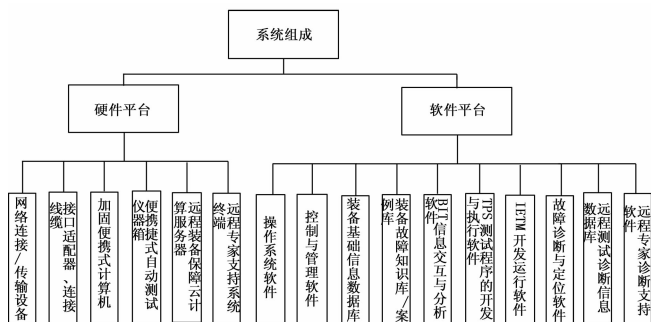


图 2 系统软硬件组成

素间的协同操作和诊断效能的有效提高。

2) 全寿命周期各阶段信息的综合。将论证、设计阶段纳入综合诊断过程，建立各阶段之间的有效信息通道，共享产品的设计、生产、维修、备件等信息，形成闭环管理过程，使得设计、研制、生产、使用及维修阶段的各个环节服从于综合诊断的要求，共同促进系统诊断效能的有效提高，获取武器装备全寿命周期内最优的经济和性能指标。

现场保障人员通过综合诊断系统可以直接的、实时的获得解决装备复杂故障问题所需的故障测试诊断的相关信息、专家诊断意见、故障排除方法等工程化的技术支持，提高现场排除复杂故障的能力。

远程装备保障专家通过综合诊断系统与现场保障人员的互联互通，能够获得各种条件下的装备的使用和维修情况，直接掌握第一手资料，借助数据挖掘和知识推理等机制可挖掘隐含在大量数据背后的装备使用与剩余寿命、装备使用与器材消耗等之间的关联关系，为实施基于状态的维修奠定的基础。

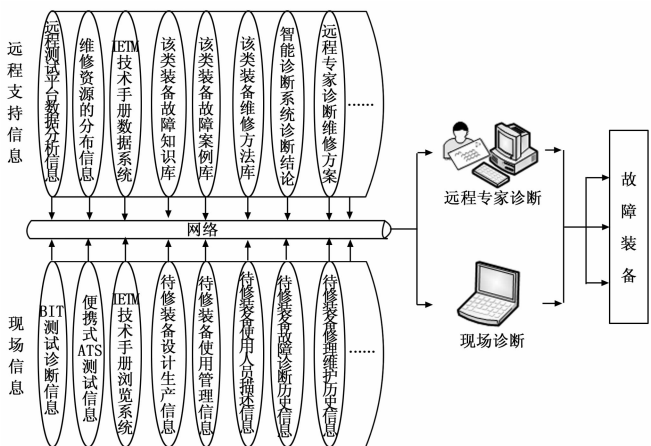
装备保障机构通过综合诊断系统可以获取各保障现场的装备故障信息、物资器材需求信息、保障力量部署信息等，实时掌握战场的保障态势，及时向基地级的备件仓库预订、请领急需的保障物资器材。

装备研制生产单位可以通过综合诊断系统将装备结构信息和使用维护说明等信息提供给装备保障人员，并获取装备的使用和维修情况，为改进装备设计和论证装备新装备提供依据。

## 2 系统组成和应用模型

现场级综合诊断系统主要由便携式自动测试设备和远程技术支持系统两部分组成。便携式自动测试设备主要包括加固便携式计算机和便携式自动测试仪器箱等设备，一方面具备与 BIT 诊断信息的交互分析功能；另一方面具备较强的测试能力，能够通过 IETM 诊断策略自动引导测试仪器进行必要的功能信号采集和数据分析与诊断。远程技术支持系统通过装备保障云中心服务器集成装备保障信息数据库、网络化的 IETM、故障诊断系统和专家决策系统等资源，基于网络通信手段，为现场的装备测试、诊断、维修提供技术支持。系统组成如图 2 所示，系统硬件主要包括：加固便携式计算机、便携式自动测试仪器箱、接口适配器、连接线缆、网络连接/传输设备、远程装备保障云计算服务器、远程专家支持系统终端。系统软件主要包括：操作系统软件、控制与管理软件、装备基础信息数据库、装备故障知识库/案例库、BIT 信息交互与分

综合诊断系统是网络化的开放结构，形成了基于信息的开放式综合诊断模型，如图 3 所示，组成综合诊断要素的 BIT 诊断信息、便携式自动测试设备测试信息、待修装备设计生产信息、使用人员描述信息等现场信息和远程测试平台数据分析信息、装备故障信息库、远程专家诊断维修方案等远程支持信息，通过构建开放的系统结构，在相关的测试信息与诊断信息间建立通信，有效地支持诊断组元和装备全寿命周期的信息融合和共享，增加信息的有效积累和重用，实现装备保障模式从单纯的依赖于大量投入技术人员和专家的“人员密集型”向依靠信息、技术的“知识密集型”方式转变。现场维修人员可综合现场信息和远程支持信息诊断装备故障，必要时请求远程专家根据共享的信息诊断故障，异地指导维修，在较短的时间内最大限度地恢复故障装备的战斗力的。



## 3 信息描述模型

为了克服目前装备的测试程序集 (TPS) 重载性差、不可移植和测试诊断信息收集分散、使用不方便等问题，综合诊断系统的信息描述基于 IEEE 1232 AI-ESTATE (适用于所有测试环境的人工智能信息交换与服务)<sup>[9]</sup>、IEEE 1636 SIMICA (维修信息收集与分析软件接口标准)<sup>[10-11]</sup> 和 IEEE 1671 AT-ML (自动测试标注语言)<sup>[12-18]</sup> 等技术标准。系统的信息描述模型和标准规范体系如图 4 所示，测试程序开发过程和装备维修保障过程各阶段的信息均参照技术标准，使测试结果的报

告、测试的描述、仪器的描述、测试的结构布局、测试工作站以及待测件的数据等等信息标准化, 使得产品在其全寿命周期各个阶段所产生的与测试、诊断和维修相关信息能够有效的组织管理起来; 实现 TPS 与测试系统硬件信息的隔离, 从而保证了 TPS 的可移植性与可扩展性, 避免了因测试系统硬件变更而导致的 TPS 重复开发, 促进 TPS 的跨平台重载和移植及武器装备全寿命周期各阶段诊断知识的有效积累和信息共享, 进而提高诊断效率, 降低费用。

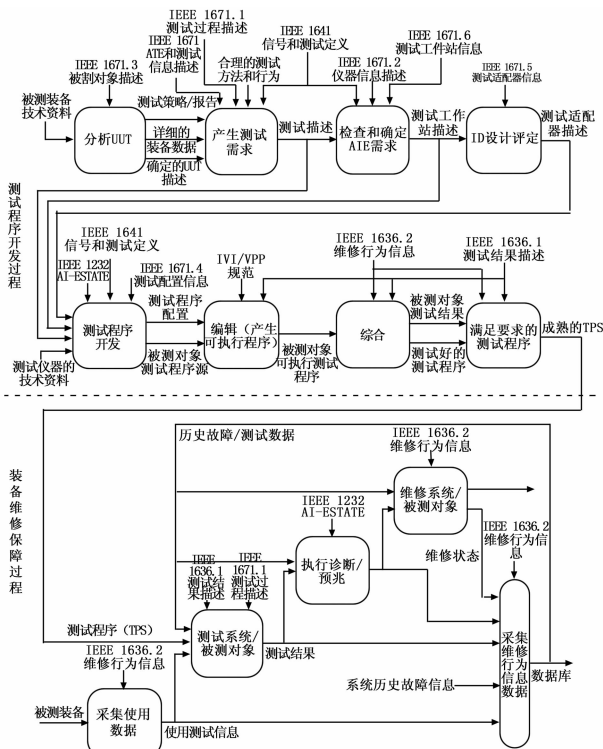


图 4 系统信息描述模型和标准规范体系

### 4 实验与分析

以某新型火炮系统为例说明综合诊断系统的建立方法和诊断原理, 该型装备是新研制的高技术装备, 系统涉及机械、电子、计算机、液压、控制、软件等多学科技术, 性能先进的同时, 系统结构复杂, 技术保障, 特别是野战条件下现场保障的难度大。系统各子系统内部设备测控节点通过 CAN 总线接口电路与 CAN 总线网络相连, 构成系统自检网络结构。

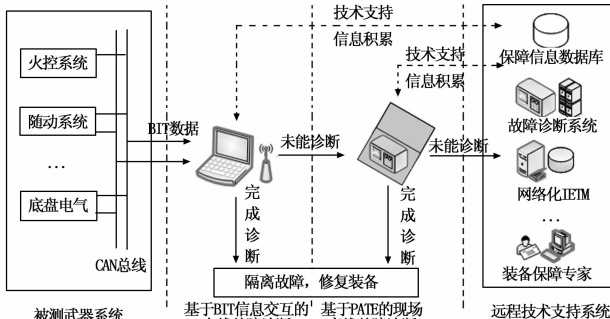


图 5 某型火炮的综合诊断系统模型

按照现场级综合诊断系统的体系结构, 可构建该型火炮的综合诊断系统, 如图 5 所示。当装备发生故障时, 首先基于

CAN 总线 BIT 自检系统进行在线诊断, 通过 CAN 总线负责对整个武器系统进行现场数据采集, 包括电源电压等模拟信号及各种开关量信号等, 结合各子系统发送的自检信息, 在线诊断推理, 若能迅速把故障定位到故障源, 则给出维修措施, 一次诊断成功。若不能诊断定位故障, 就基于 PXI 仪器的便携式自动测试设备进行现场的离线诊断, 现场诊断过程中可以寻求远程保障基地的技术支援, 若能诊断定位故障, 进行维修, 恢复装备性能。若现场不能诊断故障, 再将装备送交后方基地维修。综合诊断系统集在线诊断、离线诊断、经验诊断、原理诊断和专家诊断为一体, 能提高该型火炮系统的现场故障诊断的准确率和速度, 提高现场抢修效能。

### 5 结束语

1) 针对基层保障人员装备保障过程中复杂故障诊断困难的问题, 基于网络为中心的架构和标准化信息描述, 提出了一种装备现场级综合诊断系统的技术方案。利用便携式自动测试系统和远程技术支持系统有机集成现场和远程可利用的诊断资源, 可为现场的保障人员提供解决装备复杂故障问题所需的直接、实时、工程化的技术支持。

2) 通过构建综合诊断开放系统结构和标准化的信息描述模型, 在相关的测试信息与诊断信息间建立通信, 有效地支持诊断组元和装备全寿命周期的信息融合和共享, 促进 TPS 的跨平台重载和移植及武器装备全寿命周期各阶段诊断知识的有效积累和信息共享, 进而提高诊断效率, 降低费用。

3) 以某新型火炮为例说明装备现场级综合诊断系统的建立方法和诊断原理, 综合诊断系统集在线诊断、离线诊断、经验诊断、原理诊断和专家诊断为一体, 能有效提高复杂武器系统的现场故障诊断的准确率和速度。

### 参考文献:

[1] 陆凡, 谢晴. 高技术武器装备维修保障力量建设之思考 [J]. 兵工自动化, 2012, 31 (5): 13-15.

[2] Orr H A. Generic Integrated Maintenance Diagnostics (GIMADS): designing weapon systems with the maintainer in mind [A]. Aerospace and Electronics Conference, 1988. NAECON 1988., Proceedings of the [C]. IEEE 1988 National. IEEE, 1988: 1477-1481.

[3] Department of Defense. Open Systems Approach Integrated Diagnostics Demonstration (OSAIDD) Study Final Report [R]. 1999.

[4] Freschi S. Cost and benefit considerations for implementing an open systems approach to integrated diagnostics [A]. AUTOTESTCON 99. IEEE Systems Readiness Technology Conference [C]. 1999: 391-404.

[5] 张宝珍. 国外综合诊断, 预测与健康管理工作的发展及应用 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (5): 591-594.

[6] Wei H, Zefeng G, Tao W. Design on Intelligent Maintenance Device in large craft [A]. Computational Problem - Solving (ICPP), 2011 International Conference on [C]. IEEE, 2011: 514-517.

[7] 王发坤, 罗云锋. 舰艇装备综合诊断技术和体系框架 [J]. 舰船电子工程, 2007, 27 (2): 13-15.

[8] 任安民, 王卫国. 武器装备综合诊断技术的现状与发展 [J]. 舰船电子工程, 2007, 27 (3): 20-22.

[9] IEEE Standard 1232-2010, IEEE Standard for Artificial Intelligence Exchange and Service Tie to All Test Environments (AI-ESTATE) [S]. 2010.

[10] IEEE STD P1636.1/D3; Draft Trial - Use Standard for Software

Interface for Maintenance Information Collection and Analysis (SIMICA): Exchanging Test Results and Session Information via the eXtensible Markup Language (XML) [S]. 2007.

[11] IEEE STD P1636. 2/D5. 2; Draft Trial - Use Standard for Software Interface for Maintenance Information Collection and Analysis (SIMICA): Exchanging Maintenance Action Information (MAI) via the eXtensible Markup Language (XML) [S]. 2010.

[12] IEEE Standard 1671. 1 - 2009, IEEE Trial - Use Standard for Automatic Test Markup Language (ATML) for Exchanging Automatic Test Equipment and Test Information via XML: Exchanging Test Descriptions [S]. 2009.

[13] IEEE Standard 1671. 2 - 2008, IEEE Standard for Automatic Test Markup Language (ATML) for Exchanging Automatic Test Equipment and Test Information via XML: Exchanging Instrument Descriptions [S]. 2008.

[14] IEEE Standard 1671. 3 - 2007, IEEE Standard for Automatic Test Markup Language (ATML) for Exchanging Automatic Test Infor-

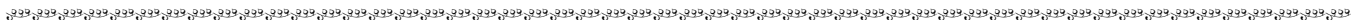
mation via eXtensible Markup Language (XML): Exchanging Unit Under Test (UUT) Description Information [S]. 2007.

[15] IEEE Standard 1671. 4 - 2007, IEEE Trial - Use Standard for Automatic Test Markup Language (ATML) for Exchanging Automatic Test Information Via Extensible Markup Language (XML): Exchanging Test Configuration Information [S]. 2007.

[16] IEEE Standard 1671. 5 - 2008, IEEE Trial - Use Standard for Automatic Test markup Language (ATML) for Exchanging Automatic Test Information via XML: Exchanging Test Adaptor Information [S]. 2008.

[17] Modi M, Stanco J. Demonstrating the capabilities of IEEE SIMICA standards in support of the DoD ATS Framework in a net - centric maintenance environment [A]. AUTOTESTCON, 2011 IEEE [C]. 2011: 189 - 196.

[18] 钱 锋, 孟 晨, 王 成. 基于 ATML 标准的测试信息描述研究 [J]. 计算机测量与控制, 2009 (8): 1467 - 1469.



(上接第 114 页)

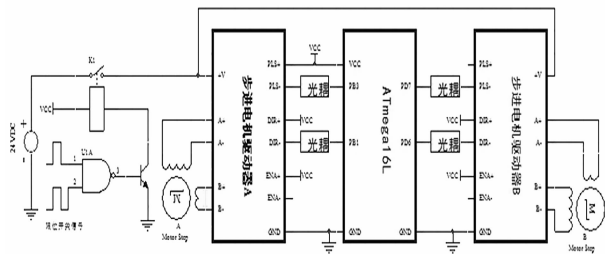


图 4 步进电机驱动电路

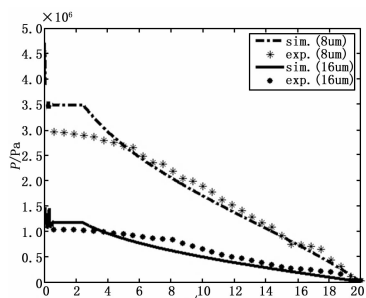


图 6 实验数据与仿真结果比较

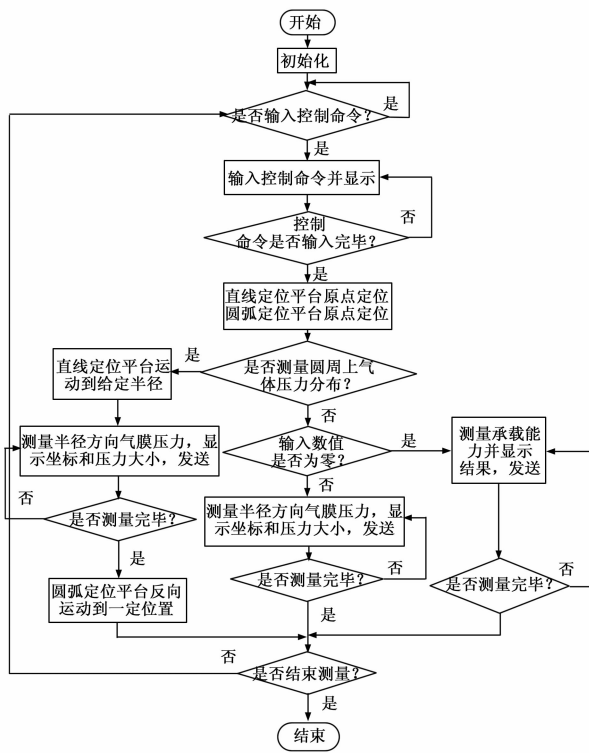


图 5 程序流程图

### 6 结束语

由于气体轴承的气膜厚度很小，气压分布很难直接测量，本文通过控制测压板运动的方式来测量静压气体止推轴承气膜各个点的气压分布的方法，确定了传感器型号，搭建了控制电路，设计了单片机控制程序。该系统的设计给气体轴承的研究提供了一个平台。实验证明该系统性能稳定，工作可靠，可实现对气体轴承参数高精度的测量，具有较高的实用价值。

### 参考文献:

[1] 陈雪梅, 黎文兰. 气体轴承技术及其应用 [J]. 密封与润滑, 2000 (4): 61 - 63.

[2] 熊联友. 多功能止推气体轴承试验台及微机动测试系统 [J]. 密封与润滑, 2000 (4): 50 - 51.

[3] 马方杰, 李亮达, 等. 气体静压推力轴承性能测试实验台设计 [J]. 液压与气动, 2012 (2): 47 - 49.

[4] Khatait J P, Lin W, Lin, W J. Design and development of orifice-type aerostatic thrust bearing [R]. SIMTech technical reports, volume 6, Number 1, Jan-Jun 2005, 7 - 12.

[5] 夏 欢, 陶继忠, 王 洋. 空气静压止推轴承静态性能测试装置设计 [J]. 制造技术与机床, 2009 (3): 61 - 63.

[6] 陈 晔, 曹剑中, 杨洪涛. 步进电机往复运动驱动曲线快速性研究 [J]. 微电机, 2011, 44 (10): 25 - 28.

[7] 代 杰, 樊瑜丽, 等. 基于单片机的光电编码器位置检测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 31 (14): 30 - 33.