

文章编号: 2095-4980(2015)02-0312-04

## 双工位相位器性能测试设备研制

杜寿兵, 王 军, 王彩霞, 汤海弘, 王祎伟

(中国工程物理研究院 总体工程研究所, 四川 绵阳 621999)

**摘 要:** 相位器是提高发动机效率的核心部件, 最大转动角度、摩擦力矩和泄漏量是影响相位器性能的 3 个重要参数。为了测试这 3 个参数, 本文论述了相位器性能测试台的整体结构、工作原理及工作流程。选用了工控机、数据采集卡及扩展模块构建电气控制系统, 上位机监控软件选用实验虚拟仪器工程平台(LabVIEW)。该测试台可对相位器自动进行测试, 自动进行合格判定, 对测试后的液压挺柱自动进行分类, 自动进行数据统计, 生成数据报表。

**关键词:** 实验虚拟仪器工程平台; 数据采集卡; 工控机; 传感器; 伺服驱动系统

**中图分类号:** TN975

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11805/TKYDA201502.0312

## Development of testing performance for double cam phaser

DU Shoubing, WANG Jun, WANG Caixia, TANG Haihong, WANG Yiwei

(Institute of System Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China)

**Abstract:** Cam phaser is vital to increase the efficiency of engine. The maximum corner, friction torque and leakage are important parameters to influence the performance of Variable Cam Phaser(VCP). For the sake of testing these three parameters, the overall structure, the principle of the measurement and work flow are introduced. The industrial control computer, acquisition card and expandable modules are selected to set up electricity control system. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench(LabVIEW) is selected to design upper computer. The test bench can measure VCP, perform conformity judgment, classify VCP after measurement, execute data statistics and create the report form all automatically.

**Key words:** Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench; data acquisition card; industrial computer; sensors; servo drive system

相位器是一种用于改善发动机性能的相位调节装置, 通过内部气压作用于叶片使其偏转, 实现相位角的无级调节<sup>[1]</sup>, 国内目前主要采用手动测试的方式分别在不同的设备上测量角度、解锁性能、摩擦力矩。新设计的双工位 VCP 性能测试设备采用压缩空气对相位器的解锁性能、摩擦力矩、泄漏量等基本性能参数进行检测, 使整个系统的角度误差控制在 $0.2^\circ$ , 摩擦力矩控制在 $1\text{ N}\cdot\text{m}$ , 泄露误差控制在 $2\text{ L}/\text{min}$ , 达到了系统指标, 可用于相位器批量生产过程的检验。

### 1 检测与控制原理

相位器结构如图1所示, 通过低压气压源向相位器的滞后腔供气, 超前腔与大气相连, 锁销在气压的作用下克服弹簧力并释放转子, 看低压是否解锁, 若低压解锁则零件不合格, 若零件低压不能解锁则切换为高压气压源向滞后腔供气, 超前腔排气, 锁销在气压的作用下克服弹簧力并释放转子, 看高压是否解锁, 若高压不能解锁则相位器不合格, 若高压能解锁则切换为泄漏量储气罐向滞后腔供气, 在滞后腔和超前腔的压力差作用下继续转动到最大角度; 完成各参数的测试。若气压源向超前腔供气, 滞后腔排气, 则叶片反转, 原理与前类似。系统的设计目的是设计一套系统用于测试相位器的解锁性能, 检测转动角度、力矩和泄漏量, 以判断相位器是否合格。

整个测试设备共分机械系统、测试系统、计算机采集系统、气路控制系统和伺服驱动系统5部分。机械系统

和气路控制系统放在测试台上,其尺寸约为1 500 mm×550 mm×1 000 mm,测试系统放在测试柜中,2者之间通过2个36芯的插头对接起来,便于运输、装配和拆卸。

其装配示意图如图2所示。伺服系统(含电机、驱动器和角度编码器)提供驱动力矩和制动力矩,控制相位器的转动、停止和转动中的精确定位。为满足相位器的测试需要,伺服电机安装于连接轴的一端,可控制另一端的负载(相位器)正反方向旋转。由于在轴的中间段安装有扭矩传感器,当连接轴转动时,负载端(相位器)相对于另一端(伺服电机)有相角变化,因此,在负载端安装的角度编码器可以精确控制、测量相位器的转动角度。设备检测的基本原理是:VCP 放置在测试轴上,用定位销定位,用旋转气缸压紧,用2个双轴滑台气缸夹持固定 VCP 壳体,测试轴外接气源管路向 VCP 提供测试恒压驱动气源。通过恒定气压向相位器的滞后腔供气,锁销在气压的作用下克服弹簧力并释放转子,从而使相位器解锁;解锁后继续向滞后腔供气,超前腔排气,转子在滞后腔和超前腔的压力差作用下继续转动到最大角度;这时泄漏量储气罐继续向滞后腔供气,串联在气路中的流量传感器可以测得泄漏量,力矩传感器与角度编码器与电机轴固定,根据串联在转子上的力矩传感器和角度编码器的输出信号就可测得转动角度和摩擦力矩。根据设定值的范围来判断相位器是否合格。

设备采用压缩空气作为动力源。设备使用时需要7个不同的压力:压力1用于驱动滑台气缸和转角气缸,滑台气缸分左右两边,实现相位器夹紧,压力大小为0~1.0 MPa,转角气缸用于相位器的压紧,压力大小为0.15 MPa~0.8 MPa;压力1用于判断工位1低压是否解锁;压力3用于判定工位1高压是否解锁;压力4用于工位1泄漏量测试;压力5用于判断工位2低压是否解锁;压力6用于判定工位2高压是否解锁;压力7用于工位2泄漏量测试。压力2~压力7大小在0~0.5 MPa 内手动可调。用于低压解锁时,储气罐通过减压阀向2个工位提供气源,这样可以实现1个储气罐同时提供高、低压解锁。通过4个不同的调压阀手动调节到所需的压力,考虑到气压的不稳定,在调压阀后面串联储气罐用于缓冲压力波动,用于高低压解锁的储气罐选用40 L,用于泄漏量测量的储气

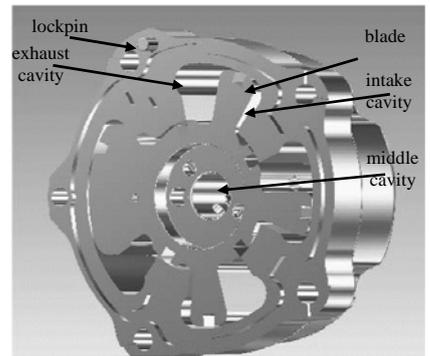


Fig.1 Architecture of cam phaser  
图1 相位器结构图

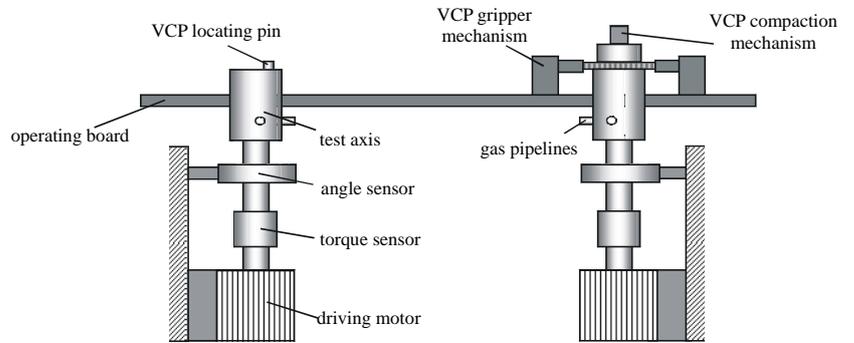


Fig.2 Diagram of work structure  
图2 工作结构示意图

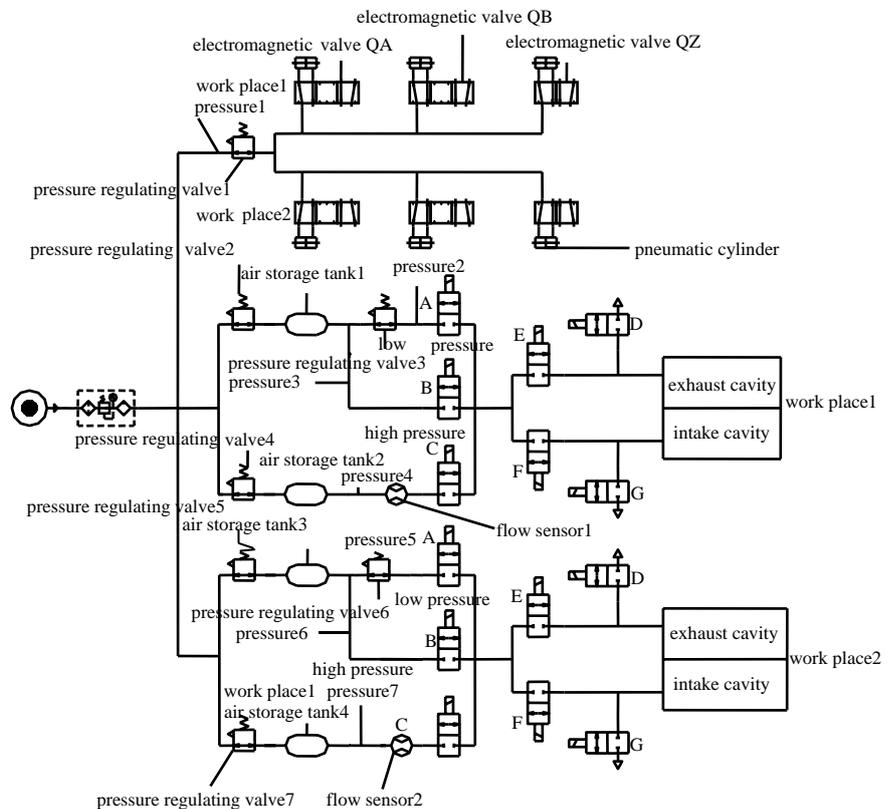


Fig.3 Diagram of gas circuit control  
图3 气路控制图

罐采用100 L，分别是原来的2倍和2.5倍，可以有效缓解气压波动。气路控制原理如图3所示。

## 2 测试控制

### 2.1 测控系统设计

测试控制系统由工控机、数据采集卡、传感器、阀控制器等组成，其原理框图如图4所示。每个独立工位需要模拟参数测试的4个A/D接口，用于流量、扭矩和压力的测量，需要计数参数测试的2个Counter接口，用于角度的测量和伺服电机的脉冲控制；需要气动单元控制的16个I/O接口，用于压紧气缸、滑台气缸及感应开关等元件的控制；需要伺服系统控制的7个I/O接口，用于伺服电机正、反转及测试、启动和停止控制。伺服电机采用日本安川交流伺服电机，功率为4.4 kW，额定转矩28.4 N·m，瞬时最大力矩为71.1 N·m；扭矩传感器采用中国航空气动力技术研究院生产的AKC-11静态扭矩传感器，测量范围0~50 N·m，精确度为0.2% F.S(Full Scale)，可以满足力矩传感器精确度0.1 N·m的技术要求；泄漏量测试采用WTG-RS热式气体质量流量计，热通径为15 mm，可以测量1.06 L/min~1 060 L/min，测试精确度±1% F.S；现场显示瞬时和累积流量，可以满足系统5 L/min~50 L/min流量要求，角度传感器采用长春禹衡光学有限公司生产的ZKT-58A-360BM，每转输出脉冲数为3 600，测试精确度为0.1°，能够满足角度传感器0.1°的要求。压力测试采用中国航空气动力技术研究院生产的AK-4C测力传感器，测量范围0~0.5 MPa，每个工位2只，一只用于测试高压解锁；另一只用于测试低压解锁，测试精确度为0.5% F.S，可测气压精确度为±2.5 kPa，满足技术协议提出的±5 kPa气压测量的要求；数据采集和控制采用美国NI公司生产的PCI-6221，该采集卡带16位A/D，24位I/O，A/D采集精确度为16位，远高于传感器信号输入的精确度，端口选择留有一定的余量，便于以后的扩展。工控机选用台湾诺达佳公司生产的工控机，自带4个PCI插槽，足够满足系统的要求。采集卡输出信号为5 V，0~10 mA的高电平，无法驱动继电器+24 V,2.5 W，通过加驱动和机械继电器隔离可满足要求。

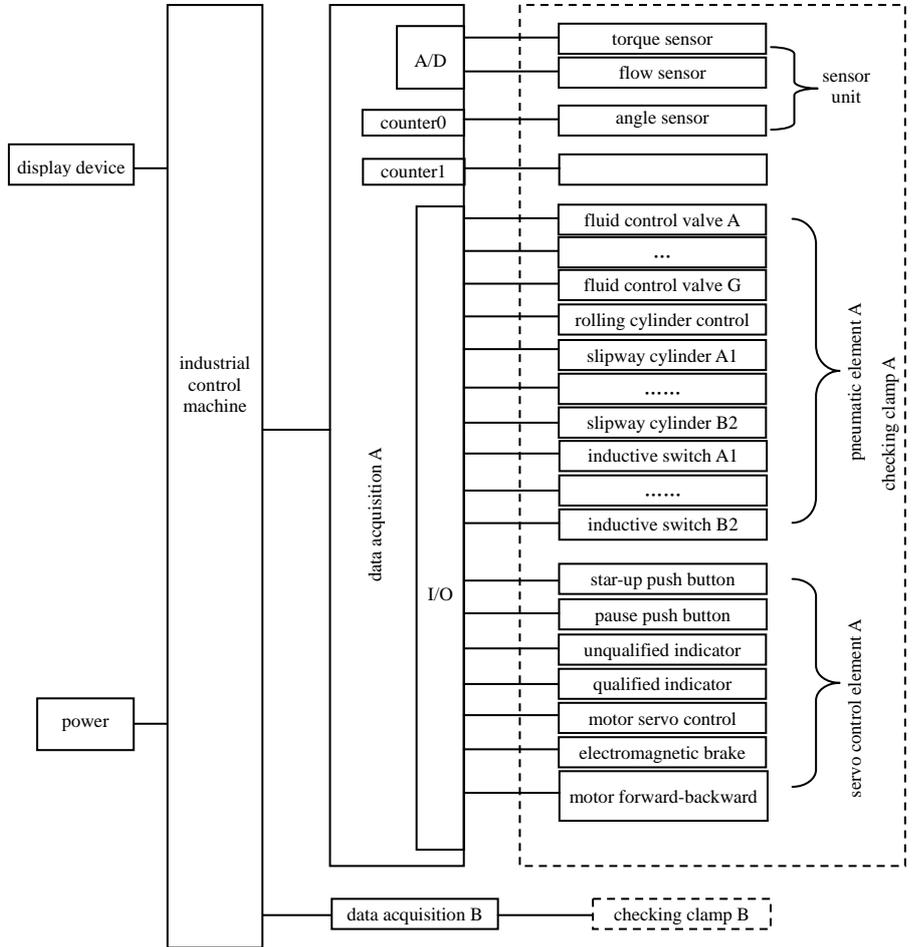


Fig.4 Testing diagram

图4 测试框图

满足系统5 L/min~50 L/min流量要求，角度传感器采用长春禹衡光学有限公司生产的ZKT-58A-360BM，每转输出脉冲数为3 600，测试精确度为0.1°，能够满足角度传感器0.1°的要求。压力测试采用中国航空气动力技术研究院生产的AK-4C测力传感器，测量范围0~0.5 MPa，每个工位2只，一只用于测试高压解锁；另一只用于测试低压解锁，测试精确度为0.5% F.S，可测气压精确度为±2.5 kPa，满足技术协议提出的±5 kPa气压测量的要求；数据采集和控制采用美国NI公司生产的PCI-6221，该采集卡带16位A/D，24位I/O，A/D采集精确度为16位，远高于传感器信号输入的精确度，端口选择留有一定的余量，便于以后的扩展。工控机选用台湾诺达佳公司生产的工控机，自带4个PCI插槽，足够满足系统的要求。采集卡输出信号为5 V，0~10 mA的高电平，无法驱动继电器+24 V,2.5 W，通过加驱动和机械继电器隔离可满足要求。

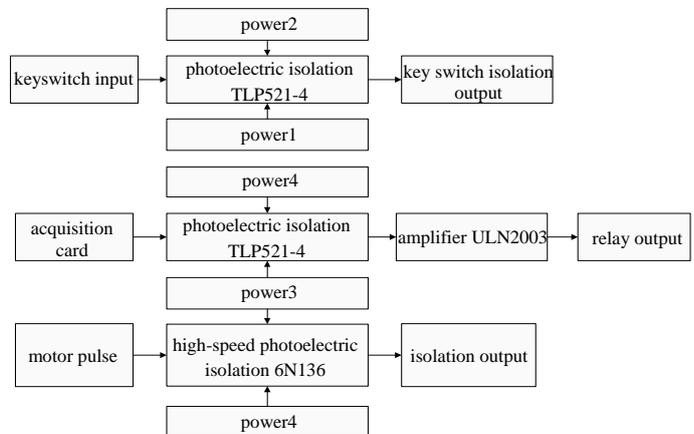


Fig.5 Anti-interference circuit design

图5 抗干扰电路

## 2.2 硬件设计

系统包括电磁阀、继电器、伺服电机等强电设备,也包括传感器、按键和编码器等弱电设备,布线时受体积限制,强弱电无法分开,必须在电路上实现强弱电分离,相互隔开。选用四路隔离电源实现输入,输出回路分别供电,隔离芯片选用TLP521-4,每个芯片带4路隔离<sup>[2]</sup>,驱动芯片选用ULN2003,带7路驱动,可以实现信号的输入输出全隔离,有效屏蔽强电信号对弱电信号的干扰,保护采集卡<sup>[3]</sup>。光电编码器选用高速隔离芯片6N137分别隔离A、B两路信号,除需要使用隔离芯片外,光电编码器还需在采集卡输入端并接 $-0.01\ \mu\text{F}$ 电容以有效屏蔽干扰<sup>[4]</sup>,电路如图5所示。

## 2.3 系统软件设计

系统上电,先设置工位1和工位2的参数,其中工位1最大角度要求为 $25.5^\circ\pm 1^\circ$ ,工位2要求最大动作角度为 $31^\circ\pm 1^\circ$ ,测试工件落在此区间则为合格,否则为不合格。最大泄露量工位1为 $(24\pm 2)\ \text{L}/\text{min}$ ,工位2为 $(17\pm 2)\ \text{L}/\text{min}$ ,角度扭矩曲线必须落在绿线区间内,平均扭矩不得超过 $1.5\ \text{N}\cdot\text{m}$ ,若角度扭矩曲线出现突然上升,则是由于零件两边夹紧力不平衡,需调节气缸压力,保证零件居中,两边夹紧力平衡,没有上翘,具体测试曲线如图6所示。

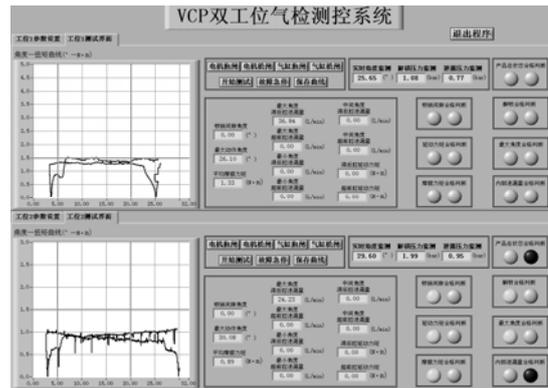


Fig.6 Software design  
图6 软件设计图

## 3 结论

双工位 VCP 性能测试设备使用了大容量的储气罐,保证气压更加稳定,采用大电机力矩,使电机在锁定状态下不能转动,采用了高精度的质量流量计,让进气更准确,采用了两工位分别供气的策略,可以有效避免 2 个工位同时工作、同时处于高压解锁时气压不足的弊病,系统运行稳定可靠,现已成功运用于国内某生产厂。

## 参考文献:

- [1] 赵峰,鲍连升,王襄. 基于 LabVIEW 的相位器静态试验监控系统设计[J]. 电子测试, 2009,9(9):36-38. (ZHAO Feng, BAO Liansheng, WANG Xiang. Cam phaser static test monitoring system design based on LabVIEW[J]. Electronics Test, 2009,9(9):36-38.)
- [2] 常莉丽,路翀,可晓海,等. 基于光电耦合的耐压绝缘测试系统设计[J]. 电子设计工程, 2014,22(4):15-18. (CHANG Lili, LU Chong, KE Xiaohai, et al. Design of pressure insulation test system based on optocouplers[J]. Electronic Design Engineering, 2014,22(4):15-18.)
- [3] 江衍焯,郑振杰,游德智. 单片机连接 ULN2003 驱动步进电机的应用[J]. 机电元件, 2010,9(3):28-31. (JIANG Yanxuan, ZHEN Zhenjie, YOU Dezhi. The applications about SCM connecting ULN2003 to drive step motor[J]. Electromechanical Components, 2010,9(3):28-31.)
- [4] 刘伟,张存善. 基于 PIC 单片机和 AD7705 的高精度信号采集系统设计[J]. 电子设计工程, 2011,19(2):185-188. (LIU Wei, ZHANG Cunshan. Design of high precision signal acquisition system based on PIC microcontroller and AD7705. Electronic Design Engineering, 2011,19(2):185-188.)

## 作者简介:



杜寿兵(1976-),男,四川省乐山市人,硕士,工程师,主要研究方向为测试控制设计。email:dsb1976@126.com.

王军(1974-),男,四川省资阳市人,本科,高级工程师,主要研究方向为传感器设计。

王彩霞(1978-),女,四川省遂宁市人,本科,高级工程师,主要研究方向为传感器设计。

汤海弘(1972-),女,四川省绵阳市人,本科,工程师,主要研究方向为测试控制设计。

王祎伟(1976-),男,四川省绵阳市人,本科,工程师,主要研究方向为传感器及测试控制设计。