

涡轮增压器轴向检测装置设计与分析

曲建卓¹, 于新丽¹, 赵娜²

1. 辽宁石油化工大学机械工程学院 辽宁抚顺 113001

2. 辽东学院 辽宁丹东 118000

摘要: 提出一种涡轮增压器轴向载荷测试装置, 包括待测涡轮增压器、压气机端传感器固定架、涡轮端传感器固定架、压气机端力传感器、涡轮端力传感器、涡轮端螺栓、压气机端螺栓、导线以及信号采集与分析系统。本装置属于涡轮增压器结构可靠性技术领域, 通过对超声波轴向位移检测系统的温、湿度及压力补偿, 实现对涡轮增压器样机转子施加预加轴向载荷后, 在不同工况下的轴向载荷位移进行有效测量, 能够为涡轮增压器的结构优化设计与可靠性分析提供有效支撑。

关键词: 涡轮增压器; 信号采集; 超声波测距

近年来, 我国科学与技术的发展越来越迅速, 汽车对涡轮增压器的需求也在增加, 涡轮增压器已经是发动机的关键部件之一。传统的检测方法采用在壳体和叶轮之间压铅丝的方法, 这种方法效率低下, 严重影响企业的生产效率。因此, 开发出一种先进的检测系统来提高生产效率已成为一种发展趋势。本文设计的基于嵌入式的超声波测速测距的测量检查系统, 不仅能够实现对距离的精确测量, 还可以实现平均速度的计算, 提高检测精度和检测效率。

系统总体设计

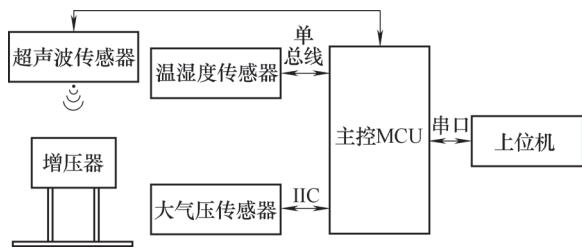
通过超声波时差法测量位移, 针对超声波测声速实验结果, 获得超声波测速受环境温、湿度和压力影

响的数据, 通过补偿算法模型对测量结果进行补偿。具体实现, 基于虚拟仪器的设计原理, 借助ARM设计了基于嵌入式系统的空气中声速自动测量的电子装置。在该装置中, 温湿度传感器、气压传感器接收端进行信号采样, 采集的数据取平均值后送入ARM, ARM依据声速和温度、湿度、气压及水的饱和蒸汽压等相关物理量之间的关系进行数据运算后输出声速值。

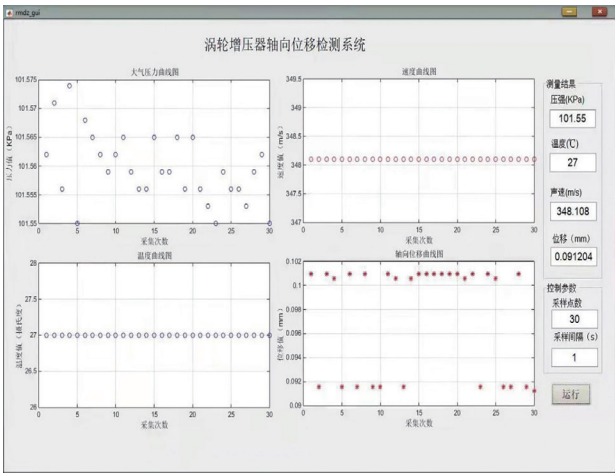
涡轮增压器的轴向位移是涡轮增压器一个重要的品控参数。在以往的检测中主要是通过手动测量的方法完成。本文改进了原有涡轮增压器轴向位移的检测方法, 采用非接触的方法测量涡轮增压器的轴向位移, 大大提高了检测的精度和效率, 方便了工人的操

作。测量系统如图1所示。

本系统是由机械部分和检测部分两部分组成。机械部分包括驱动夹紧装置和机架，用于夹紧转子使有



a) 装置总体示意



b) 检测系统

图1 涡轮增压器轴向往移检测

确定的位置度和支撑检测部分。检测部分包括用于检测的超声波传感器、大气压传感器、温湿度传感器、STM32主控芯片及上位机等。

硬件设计

STM32单片机具有良好的性能和可靠性，能量消耗低，价格便宜，数据处理起来很快。因此本文设计的系统采用了STM32F407ZG芯片作为此系统的控制核心。

该装置由STM32F407ZG开发板、两个温湿度传感器DHT11、两个气压传感器BMP180以及TFT液晶显示器组成，所测得的温度值、湿度值、气压值及计算所得的声速值将显示在TFT液晶屏幕上。

1.温湿度检测模块

在本设计中温度检测模块选择具有极高可靠性和

性价比极高的DHT11温度传感器来测量实时温度，DHT11数字温湿度传感器能够进行准确测量，因为它的内部在出厂时已经经过调试具有了校准系数，当使用这个传感器进行测温时，它会自动地调用校准系数。此传感器的温度测量误差在2℃左右，温度测量0~50℃，能够满足日常生活中温度的测量。此传感器利用单线传输，所以使得其系统具有体积小、方便携带的优点。其外观如图2所示。



a) 正面 b) 背面

图2 DHT11湿度传感器模块

2.数据测量与分析

空气中的声速在一个标准大气压和15℃的条件下约为340m/s，温度每升高1℃，声速约增加0.6m/s。本装置的测量结果（见表1）处于合理范围，具有较高的准确度。误差来源可能包括：温湿度传感器的精确度为相对湿度+5%、温度+2℃，导致本电子装置测量结果与理论值存在偏差。

表1 测量结果

温度T/℃	湿度H (%)	气压P/kPa	声速V/ (m/s)
26	95	100.455	348.626
28	75	100.441	349.592
28	81	100.453	349.717
28	95	100.428	350.009
36	95	100.425	355.773

3.超声波驱动电路

本设计的超声波模块使用方法非常容易，首先要注意给超声波模块内部配置好电源和接地（见图3）。之后给触发控制信号输入端口输入一个20μs的中频电平信号，进而触发HC-SR04传感器。触发后，超声波传感器内部的控制输出电路此时会自动发射8个40kHz的方波，与此同时该控制电路还会进行自动检测，确定超声波信号发生了或者有没有信号反射回来，如果检

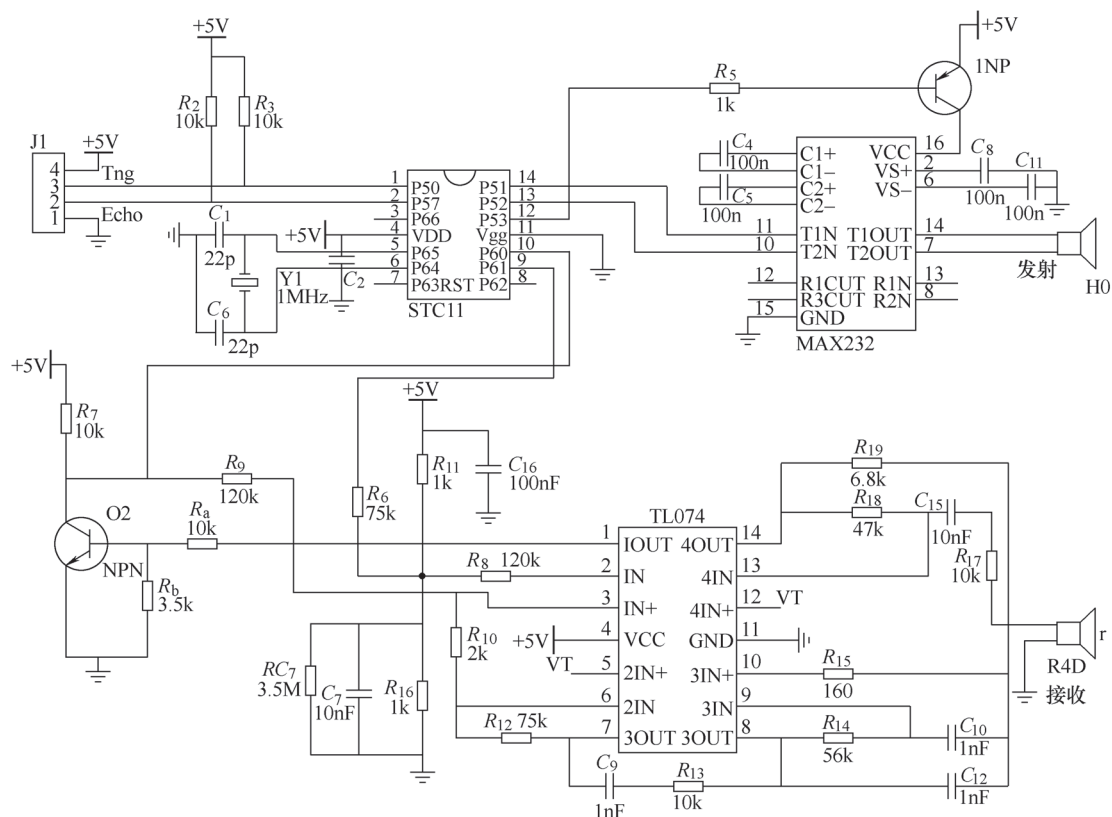


图3 超声波驱动电路

测到此时已经有反射波产生,那么通过I/O口,该控制电路Echo引脚就会持续输出一个高电平,一旦接收到有输出就立即打开定时器自动进行计时。当超声波模块的接收器捕获到返回脉冲的时候,引脚Echo端口的电平就会由高到低完成一个转变,定时器中断。同时可以清楚地看到定时器的一个间隔值,从定时器上读取的这个特定时间段的间隔值就是超声波从发射地距离障碍物之间传递一个来回所用的时长(见图4)。

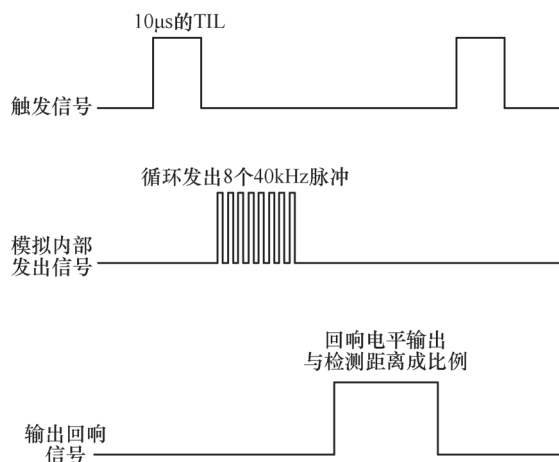


图4 超声波时序触发

4.温湿度检测模块电路

如图5所示,在不工作的情况下,总线保持高电平状态,DHT11处于休眠状态。当单片机向DHT11发送一个初始化信号,将电平由高变低再变高维持一段时间,此时I/O由输出模式转换成输入模式,DHT11就会从休眠状态被唤醒,然后开始进行一次温、湿度的检测并且将I/O电平由低变高再变低,然后以5个字节发送给单片机。DHT11湿度传感器模块对温度测量的实现如图6所示,既能得到温度数据又能得到湿度数据,在本设计中只读取温度数据。

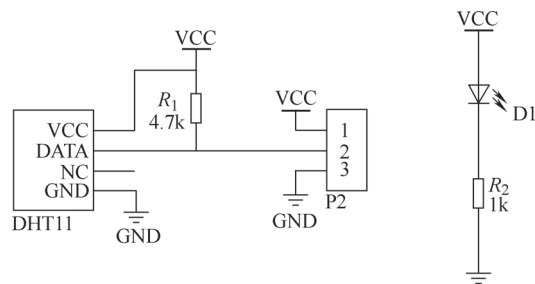


图5 DHT11原理

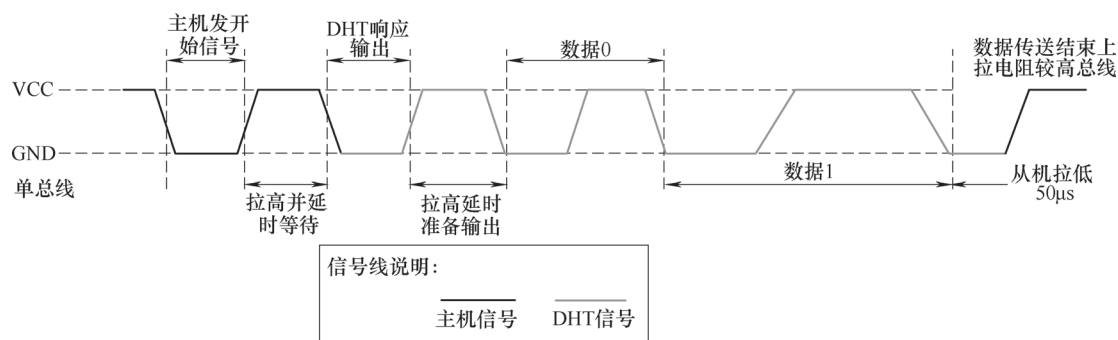


图6 DHT11湿度传感器模块时序

5.驱动夹紧装置

如图7所示，主要用于涡轮增压器转子的夹紧固定，方便转子测量。材质为常见304不锈钢，其高耐腐蚀性，使其可用于严苛的环境。它具有耐火和耐热性，可以抵抗结垢并在高温下保持强度，无论在什么场合都可以测量。

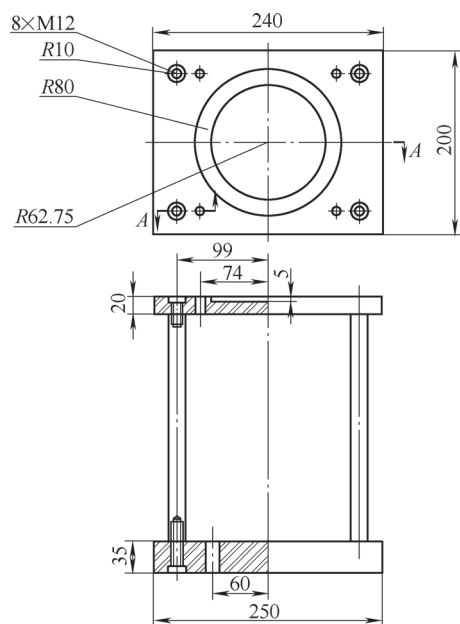


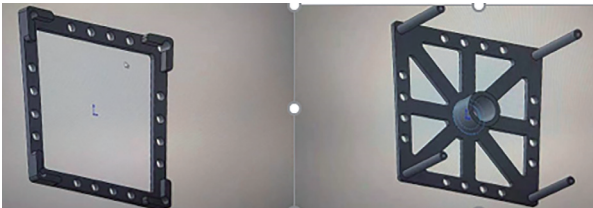
图7 驱动夹紧装置的装配

6.检测系统机架

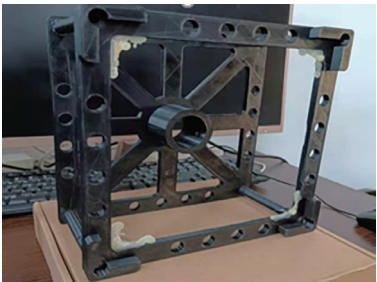
检测系统与涡轮增压器转子设备如图8所示。检测系统机架采用solidworks设计，采用3D打印机打印，在保障了强度的情况下大幅度减轻了涡轮增压器轴向位移检测机构的重量，且更方便移动并降低了成本，如图9所示。



图8 检测系统与涡轮增压器转子设备



a) 3d图样



b) 实体图

图9 检测系统机架

测试与调试

检测系统基于超声波测距原理设计。为了以更高的精度进行位移测量，通过增加压力传感器、温湿度传感器来采集当前压力数据和环境温度、湿度参数，通过补偿算法对超声波测距的原始数据进行压力补偿和温度、湿度补偿，以便得到更精准的位移。

如图10所示，首先配置好串口信息，给定0℃下的声速值以及采样间隔，然后点击“开启系统”。人机交互系统向下位机发送控制指令，此时，串口发送字节数变为“1”，意味着上位机成功地向下位机发送了控制启动指令。此时移动超声波传感器，会发现超声波测速测距人机界面上的图表控件波形图发生了变化，成功地显示了此时空间内的温度以及对应的超声波传播速度、移动过程中的平均速度以及距离。



图10 涡轮增压器轴向位移检测系统实物

结语

本文基于嵌入式的超声波测距测速系统的设计，引入了DHT11温湿度检测模块实现修正超声波传播速度的功能，并且使用先进的虚拟仪器设备代替了传统的硬件设备作为上位机来进行数据的显示。有效地减少了本设计中系统的价格，降低了系统的设计困难程度，并且可以更加便利地快速提高系统的性能优劣。

本装置与现有的实验室测声速设备相比，实现了自动测量与计算，减少了人工干预；测量结果误差小，准确度高；结构简单，制作成本低，携带方便，可在室外进行实时测量。该装置可应用在大学基础物理实验及课堂教学环节。

通过测试与调试，本测速测距系统可以准确快捷地对发射源到障碍物的距离和速度进行实时准确的监测，并且可以通过人机交互界面对系统实现准确的启

动和停止控制。此设计操作容易方便、通信安全可靠、系统工作稳定及制作简单快捷，充分满足了当前市场的需求，具有很好的发展和使用前景。

参考文献：

- [1] 郝春吉. 超声波测距技术改进方法与实现[J]. 电子技术与软件工程, 2017 (11) : 113.
- [2] 毛鹏军, 张家瑞, 黄传鹏, 等. 林下作业机器人设计与试验[J]. 农机化研究, 2020, 42 (2) : 91-95.
- [3] 刘金栋, 谢建桥. 浅谈超声无损检测技术的发展与应用[J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2011 (21) .
- [4] 陈灏. 基于超声波测距的倒车报警系统设计[J]. 内燃机与配件, 2018, 272 (20) : 11-13.
- [5] 冯笃. 基于STM32的超声波测距系统[J]. 电脑知识与技术, 2016 (35) : 238-239
- [6] 倪天龙. 单总线传感器DHT11在温湿度测控中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2010 (6) : 60-62.
- [7] 崔乔. 基于ARDUINO的室内盆栽智能浇灌检测系统的设计[J]. 科技风, 2017 (22) : 173.
- [8] Design of High-voltage Electrostatic Generator Based on STM32[J]. 测试科学与仪器: 英文版, 2011, 2 (1) : 72-74.
- [9] 喻金钱, 喻斌. STM32F系列ARM Cortex-M3核微控制器开发与应用[M]. 清华大学出版社, 2011.
- [10] Meng Z. Design of ultrasound waveguide blind system based on HC-SR04[J]. Electronic Design Engineering, 2019. **AUTO1950**

更正说明

由于编辑疏忽，发表在本杂志2022年第8期的文章《提升车架铆接质量和效率的研究》作者信息有误，现更正为：刘庆，王力，贾堃，特此说明，并向作者和读者致歉。

《汽车工艺师》编辑部