

摘要：在动力舱内复杂恶劣环境下，环境因素的影响给气压测试准确性以及不确定性带来了许多困扰。为了准确地研究动力舱出气口气压分布情况，需要采用分布式管式气压测试方法。但是，管道长度对气压参数测试会带来误差，这个问题必须首先得到解决。本文根据动力舱实际测试环境，设计了管长因素对气压误差影响分析测试系统，完成了不同管道长度对于气压参数测量结果的影响分析。运用差值一阶线性拟合方式，得到了差值拟合斜率与管道长度的对应关系。此研究解决了任意管道长度下对气压参数测试结果修正，提高管式气压参数测量精度，满足了动力舱出气口气压参数高精度测试需求。研究成果已应用实际工程问题，具有一定实用性。

关键字：动力舱；分布式；管式气压测试；管道长度因素

中图分类号：TH812

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2019)03-0007-05

收稿日期：2019-03-08

动力舱出风口分布式管式气压测试方案研究

常海龙¹ 张丕状²

1. 山西工商学院 计算机信息工程学院 山西太原 030051;

2. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西太原 030051

一、引言

在研究动力舱热平衡系统中，动力舱出风口处的气压参数十分重要。为了能够准确地获取出口处气压参数，需要根据实际动力舱的测试环境，对气压参数的测试方法进行研究^[1]。

动力舱的结构示意图如图1所示，在动力舱出风

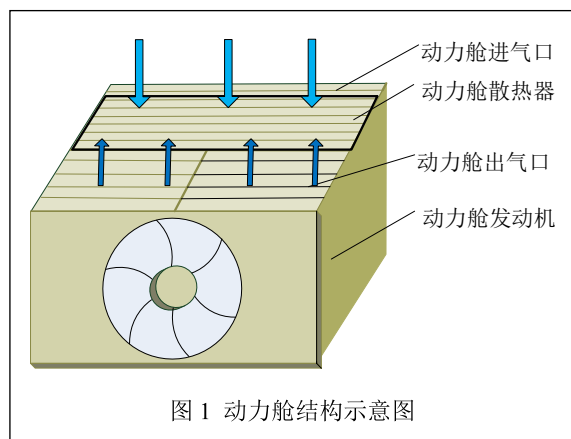


图1 动力舱结构示意图

口的正上方处有一层百叶窗，在百叶窗上面是一层菱形网格的铁网，主要用途是为了阻挡外来物进入到动力舱内，对舱内造成损害。在出风口处没有可固定的气压传感器位置，特意设计了固定卡具，方便气压传感器的固定。当气体通过离心风扇从出风口处流出，气体真实的流向是与离心风扇转速的切斜方向保持一致，越是远离出气口，气体的流向越是混乱，所获取的气体参数有效性越差^[2]。

气体传感器的测试位置不同，测得气体动压也不相同，气体传感器对于气体取样方式不同，所获取的气体参数大小也不相同。本文根据动力舱实际的测试环境，采用分布式管式测试方法，重点研究管道长度对于气压参数测量精度的影响。

二、分布式管式测试系统概述

本气压参数获取测试系统主要由气压参数获取模块、信号调理电路模块、数据采集模块组成。气压参

数获取模块选用 24 个气体压力传感器，测试量程为 0kPa~3kPa，测量精度为 0.5%，供电电压为 24V DC，标准输出 0V~5V，使用温度范围 -10℃ ~ 70℃，采用分布测量方式，气压传感器分部位置如图 2 所示。

24 个气压传感器固定到 6 块挡板上，挡板均匀固定到出气口上方安装支架上，每个挡板上 有 4 个气压传感器，信号调理电路以及转接电路模块都放在密封的铝制盒内，由于测试环境比较恶劣复杂，主要目的是防止外界环境干扰，以达到精确测量的结果^[3]。挡板、传感器安装位置以及白盒的位置如图 3 所示。

从图 3 中可以看出，特定的卡具可以移动，根据实测的环境，改变传感器的高度，增强测试装置灵活性，为了能够准确地获取气体参数，直接从菱形铁网下测量气体气压值，气压传感器都外接了不同长度的气管，采用了气管取样方式，从而尽可能的减少测量带来的误差。

三、管道因素对气压影响测试分析

在气压参数测试过程中，为尽量减小对气体流场的干扰，在气压测试点 A、B、C、D 等空间位置处不能直接安装体积较大的气压传感器，通过外加管道将引至测量区域外侧，由于在测试点与传感器之间增加了一定长度且带直角弯头的管道，需要确定这些管道对气压测试结果的影响程度，提高测量精度，从以下几个方面进行：

- (1) 真实测试的气压应当为风压，而不是静态气压^[4]。为模拟真实的测试环境吹风情况，本试验使用压力气罐逐渐加大放气速度形成从静态到接近实际情况所需风压，实现风压值从 0 到所需风压整个区间的模拟^[5]；
- (2) 完成对某个气压值同时进行两种测试方法气压测量：带有测试管道的气压测试和不带管道的气压测试。为保证两路测试的是同一个气压，本试验使用了 Y 型三通，其中一个接口作为风压输入端，另外两个接口分别接通气压测试管道和气压传感器。

四、管长因素对气压误差分析测试系统

误差分析测试系统主要包括气路部分和电路部分，

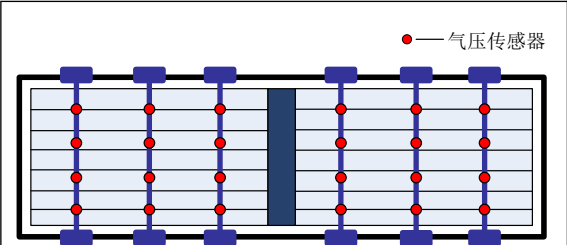


图 2 气压传感器安装位置俯视图示意图

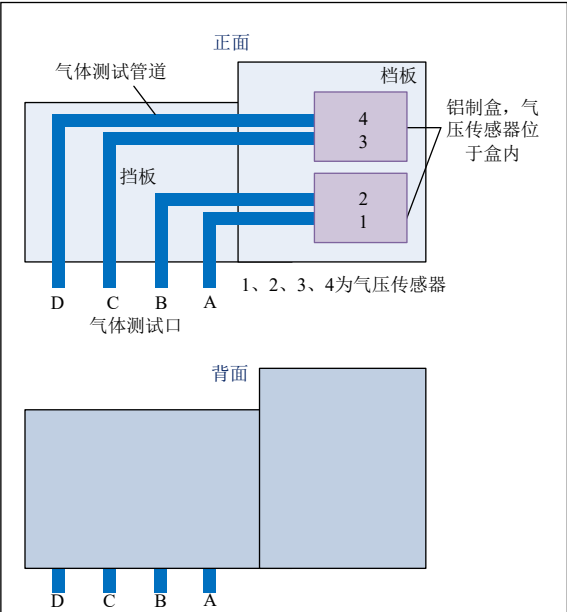


图 3 挡板气压传感器安装示意图

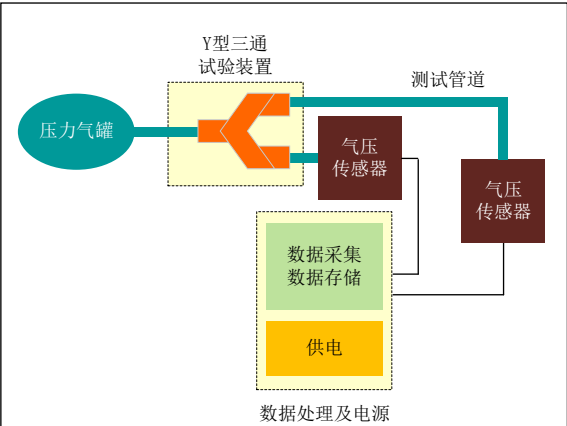


图 4 管长因素对气压影响测试系统结构示意图

管长因素对气压影响测试系统结构示意图如图4所示, 电路部分包括系统电源供电模块、气压传感器模块、数据采集和存储电路模块, 气路部分包括压力气罐、Y型三通试验装置和测试管道。

五、实验测试与结果

经过反复试验, 在气体取样的方式上选择了外径为 $\varphi 10$ 、内径为 $\varphi 8$ 的管道, 安装到量程为3kPa气压传感器上。根据动力舱试验中实际管道使用情况, 分别采用直行管道长度为20cm、34cm和48cm进行试验,

完成管道长度对气压测试误差分析试验研究。

图5为传感器输出电压值。试验过程中, 每种管道长度都进行了3次开气—稳定—关气的实验室过程, 所以在试验结果中可以看到有三个台阶。从上到下依次是管道长度为20cm、34cm和48cm测试结果。图5(a)为获取的原始数据, 图5(b)为经过低通滤波后的数据, 蓝色数据(上面)为直接气压传感器测量输出, 绿色数据(下面)为增加管道气压传感器的测量输出。

从图5(b)可看出, 管道长度增加后对气压有明显影响, 且随着管道长度的增加, 两者误差值越大。对比二者的差异, 并非处处相同, 而是随着气压值(输出电压)增大而增大, 具有一定的规律性。

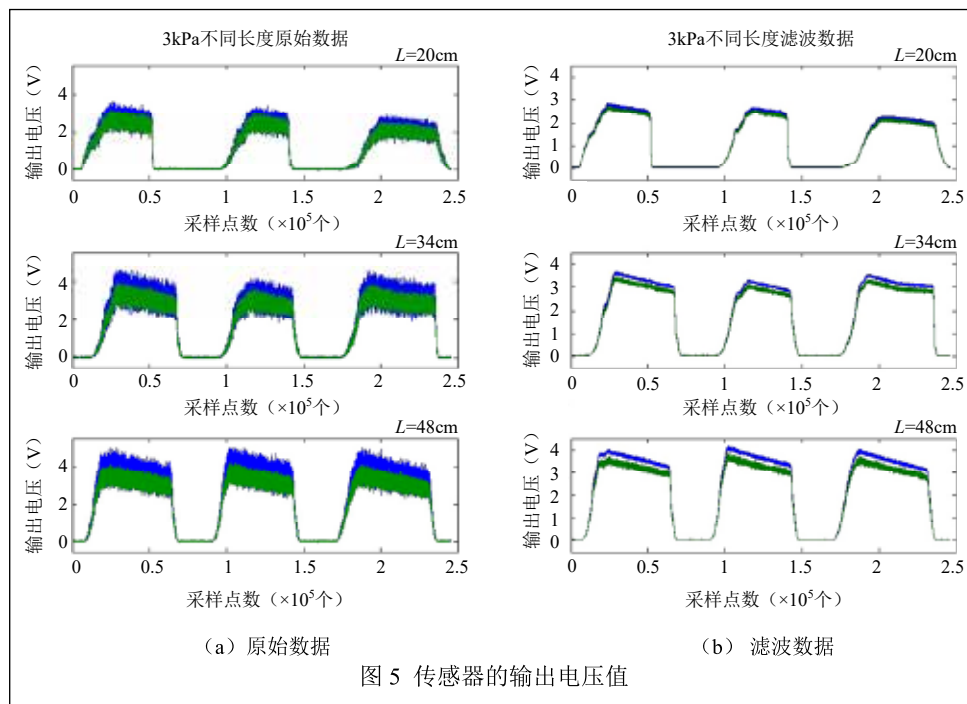


图5 传感器的输出电压值

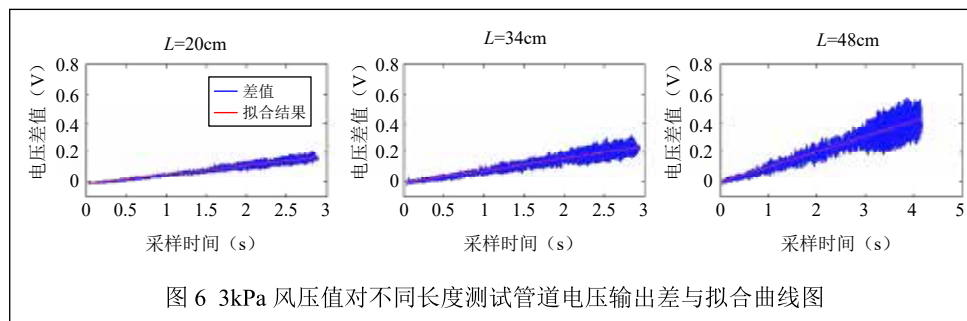


图6 3kPa 风压值对不同长度测试管道电压输出差与拟合曲线图

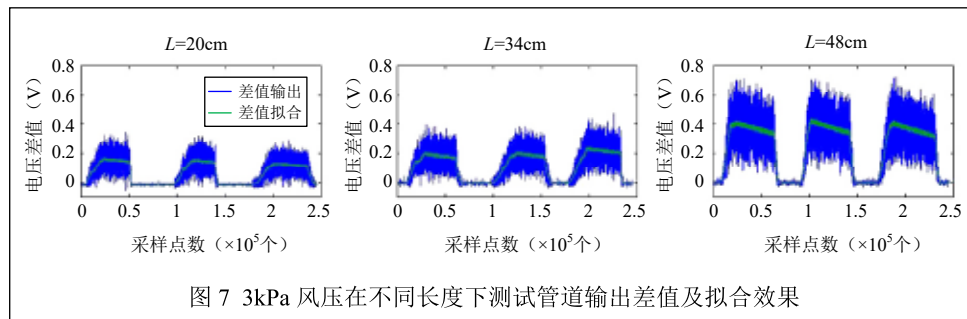


图7 3kPa 风压在不同长度下测试管道输出差值及拟合效果

图 6 为每种情况下电压差值随采样时间的变化情况，排除动态风环境下的压力波动，可以看出具有较好的线性关系，图 6 中的暗红线即为线性拟合结果。

图 7 为图 5 中直接差值及拟合效果，可以看出，拟合效果较好，符合实际情况。

经过不同管道长度的试验后，对获取的实验数据进行拟合计算，采用一阶线性拟合方式获得不同管道长度下一次项参数 a 和常数项参数 b ，如表 1 所示。

表 1 一阶线性拟合参数

管道长度	一次项 a	常数项 b
20cm	0.063467	-0.017006
34cm	0.084242	-0.010572
48cm	0.104123	-0.005147

从表 1 中发现，一次项系数与管道长度具有较好的线性关系，对其进行拟合，得到不同管道长度与差值拟合斜率关系图，如图 8 所示。

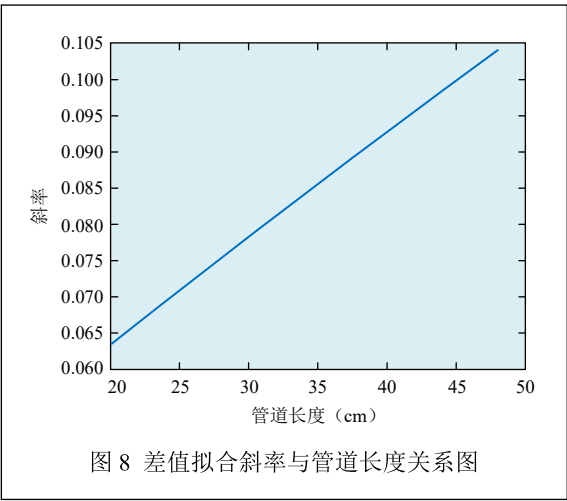


图 8 差值拟合斜率与管道长度关系图

通过图 8，可以对任何管长下气压参数进行修订，提高测试精度，完成对动力舱气压参数的有效获取。

六、结束语

为了满足动力舱出风口在恶劣环境下的气压参数测试，本文设计一种基于分布式管式气压测试方法，重点研究了管道长度对气压参数测量结果误差分析，

提出一种气压误差分析测试系统设计，通过该测试系统完成了不同管道长度对于气压参数测量结果的影响，运用差值一阶线性拟合方式，得到了差值拟合斜率与管道长度的对应关系，该关系可以对管式气压参数进行修正，提高管式气压参数测量精度。通过对分布式管式气压测试方法中，管道长度因素对气压参数测量影响及修正，提高气压测量的精度，有效地实现动力舱出风口处气压参数获取与测量，解决了动力舱气压测试难题，具有较好的工程应用价值。

参考文献

[1] 黄冈. 量程可调的气压测试系统设计 [J]. 测控技术, 2014, 33(4): 4-7.
[2] 曹元福, 邵春鸣, 刘建峰, 等. 装甲车辆动力传动总成热平衡台架试验研究 [J]. 车辆与动力技术, 2017(3):54-58.
[3] 叶晓. 车辆动力舱模拟试验台的研制 [D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
[4] 王瑞, 王义春, 冯朝卿. 履带车辆前置动力舱冷却空气流场分析 [J]. 航空动力学报, 2014, 29(5): 1036-1041.
[5] 曹元福, 邵春鸣, 刘建峰, 等. 装甲车辆动力传动总成热平衡台架试验研究 [J]. 车辆与动力技术, 2017(3): 54-58.

Study on the Scheme of Distributed Tubular Air Pressure Test for Outlets of Power Cabins

CHANG Hai-long¹, ZHANG Pi-zhuang²
(1. School of computer information engineering, The industrial and commercial college of Shanxi, Taiyuan 030051, China; 2. Key laboratory of instrument science and dynamic testing, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The accuracy and uncertainty of air pressure tests are troubled by environmental factors in the complicate and harsh environment inside power cabins. In order to study the pressure distribution of the outlets of the power cabins accurately, the distributed tubular air pressure test method is adopted. However, there is a

problem in the tests that the pipe length will bring error to the measuring results of pressure parameters, which must be solved at first. According to the actual test environment inside the power cabins, an analysis and test system is designed in this paper for analyzing the influence of pipe length on the measuring error of air pressure, with which the influence of different pipe lengths on the measuring results of air pressure parameters are analyzed. The corresponding relation between the slope of difference fitting and the length of pipeline is obtained by using the difference first order linear fitting method. The research solves the problem of correcting the measuring results of pressure parameters at any pipeline length, improves the measuring accuracy of pipe pressure parameters, and meets the demand of high-precision measurement of air

pressure parameters at the outlets of the power cabins. It has been applied to practical engineering problems and has certain practicability.

Key words: power cabin; distributed; tubular air pressure test; pipeline length factor

作者简介

常海龙, 山西工商学院计算机信息工程学院, 工学硕士, 主要从事通信与信息系统, 嵌入式系统以及集成电路设计。

通信地址: 山西省山西工商学院(南校区)

邮编: 030051

邮箱: changhailong2008@126.com

张丕状, 中北大学仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 教授, 主要从事嵌入式系统设计、无损检测等。