

用于发动机排气量测量的威力巴流量计的研制

金 海¹, 梁桂森²

(1. 重汽集团技术中心, 山东济南 250032; 2. 上海同圆发动机测试工程技术中心, 上海 200433)

摘 要: 从设计原理、结构特点等方面介绍了自行设计的用于测量发动机排气量的流量测量仪表——威力巴流量计。实际应用表明, 因该流量计特殊的结构设计, 使其具有测量精度高、可靠性好、耐压、耐温、防腐等优点。

关键词: 威力巴流量计; 排气量; 测量

中图分类号: TK428 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2010)01-0040-03

Development of Werabar Flowmeter for Testing Air Displacement of Engine

Jin Hai¹, Liang Guisen²

(1. China Zhongqi Jinan Testing Center, Shandong Jinan 250032;

2. Shanghai Toceil Engine Testing Tech. Co. Ltd., Shanghai 200433)

Abstract: A self-developed werabar flowmeter for the testing of engine's air displacement is introduced from the aspects of design principles and structure characteristics. Application results show that thanks to the special structure design, the Wearbar flowmeter features high testing accuracy, good reliability, as well as good performance on pressure-resisting, heat-resisting, and anti-corrosion.

Keywords: Wearbar flowmeter; air displacement; measurement

1 前 言

在发动机性能研究、排放计量方面, 排气流量是需要测量的关键参数之一。但是, 由于发动机排气的特性, 排气流量的直接测量是个比较困难的问题。通常情况下, 排气量可以用进气流量加上油耗量来反映, 但严格来说, 这样的排气测量没有考虑到发动机的漏气量, 因而不精确的; 特别是在研究发动机相继增压、废气再循环、发动机废气稀释测量排放量时, 一般必须直接测量出排气量, 所以要用到排气流量计。

发动机排气流量的测量必须考虑以下问题: 首先发动机排气是高温排气, 且排气温差较大, 最高温度(全速全负荷时)可能高达 800℃ 以上, 而在怠速时温度可能只有 150℃ 左右; 其次, 发动机排气量测量时不能产生过大的阻力, 因为如果排气阻

力增加将直接增加发动机的排气推动功, 使得发动机油耗率升高, 功率下降, 排温升高, 排放变差, 改变了发动机的排气现状, 这样测得的排气量就失去了意义; 第三, 发动机排气中存有较强的酸性物质和颗粒物等, 可能会腐蚀流量计并可能造成流量计或流量计测压孔堵塞; 此外, 由于发动机排气的不连续性, 造成排气存在较大的压力脉动, 特别是非增压发动机排气或增压器前的排气尤其如此。

本文研究设计的威力巴(Werabar)流量计, 是一种专门用于测量发动机排气量的新型的、精度较高的流量测量仪表。

2 威力巴流量传感器原理

威力巴流量计的工作原理仍然是差压原理。在排气管道中装入威力巴传感器, 当流体流过传感器时, 在其前部(迎流方向)产生一个高压分布区,

收稿日期: 2008-11-07; 修回日期: 2009-09-09

作者简介: 金海(1965-), 男, 总工程师, 主要研究方向为发动机排放与噪声控制技术, E-mail: lgs@toceil.com。

在其后部产生一个低压分布区,如图 1 所示。

传感器在高压区开设有按一定规则排列的多对取压孔(一般为 3 对),分别测量流体每点上的压力,在其端部迎流方向测得流体的全压力即高压值 P_1 (包括每点的动压力又称速度压力和静压力的平均值)。低压区的取孔在其侧壁(顺流方向),仅测得流体的多点静压力的平均值,即低压值 P_2 。将 P_1 和 P_2 分别引入差压变送器,得到差压 $\Delta P = P_1 - P_2$, ΔP 反映了流体平均速度压力,即平均速度的大小,以此可推算出流体的流量。

设流动为不可压缩无粘性流体的稳定流动,驻点处流体的伯努利方程为:

$$\frac{P_1}{\rho} + 0 = \frac{P}{\rho} + \frac{u^2}{2}$$

由此可以得该点的流速为:

$$u = \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P)} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}$$

考虑到实际测量情况与理论上的差别,引入流量系数 α (数值由实验确定)对上式进行修正:

$$u = \alpha(1 - \varepsilon) \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}$$

其中 $(1 - \varepsilon)$ 为可压缩性流体系数。

体积流量公式

$$Q = KC \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

式中: Q 为工作状态下体积流量 m^3/h ; K 为流量系数,其值与传感器结构、流体流动状态、管径大小等有关,由实验求得; C 为气体膨胀系数,其值与气体压力、流速、体积比、差压大小等有关,由实验求得; ΔP 为差压 KPa ; ρ 为被测流体在工作状态下的密度 kg/m^3 。

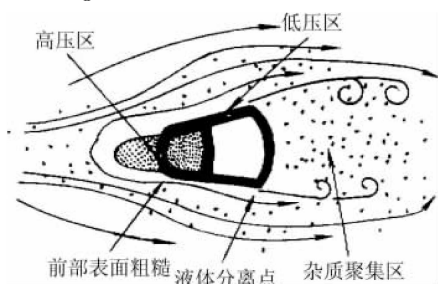


图1 威力巴流量计工作原理

3 威力巴流量传感器的特性

3.1 设计特点

(1) 威力巴流量传感器采用不锈钢耐磨防腐金属制作,具有特殊截面形状,如图 2 所示。高压孔位于探头前部;低压孔位于探头侧后两边,在流体

与探头的分离点以前。探头前部的金属表面,进行了粗糙化处理。根据空气动力学原理,流体流过粗糙表面,形成一个稳定的紊流边界层,有利于提高低速状态的测量精度,使得流体在低速时,探头仍可获得稳定精确的差压信号,从而增大量程比。

(2) 如上述设计的威力巴流量传感器具有显著的防堵效果。在流量传感器刚投入运行时,流体在管道静压的作用下,开始进入探头的高压孔内腔,很快形成了压力平衡状态;当压力平衡状态形成后,流体因遇到进口处的高压而绕行,不再进入高压孔,而朝探头的两边分流渐离开去,在探头的后部形成一种涡流。一般情况下,颗粒杂质在涡街牵引力的作用下,集中在探头的后部。由于低压孔在探头的两侧以及流体分离点的尾迹的前部,这样在低压孔处避开杂质聚集区,实现了本质防堵,避免了涡流产生的信号波动。因此,威力巴流量传感器从根本上防止了堵塞,并由此产生一个非常稳定的差压信号。

(3) 在大管径气体测量时,可以采用十字形传感器结构,并且增加取压孔的数量,克服由于整流不良造成的精度降低。

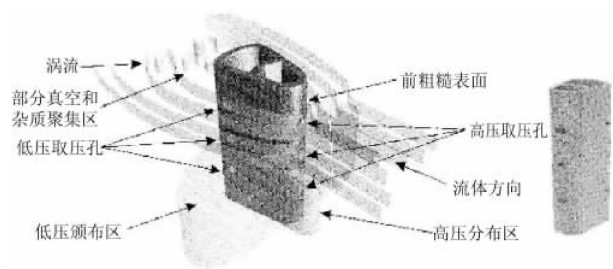


图2 威力巴流量计传感器结构

3.2 管道永久压损小

由于采用了插入式结构,速度传感器置于管道中心位置,并使其占用的流通截面积尽量小,所以该传感器所产生的压力损失非常小。

3.3 耐高温耐腐蚀

该排气流量计采用 316 不锈钢材料一体化生产,耐高温、耐腐蚀。

4 威力巴流量计主要技术指标

威力巴流量计由威力巴传感器、差压变送器和流量积算仪组成,可与控制系统或计算机联网,实现流体流量测量与控制。可同时测量管道内流体的差压、压力、温度等信号,实现现场 LCD 显示和组态功能;同时显示瞬时累计流量、差压、温度、流速等参数。测量精度可达 $\pm 0.5\%$ 。通常情况下采用前 7D、后 3D 保证测量精度。

5 威力巴流量计在排气测量中的应用

本文设计的威力巴流量计，在汽油机三元催化器老化试验台中的应用如下。

三元催化器老化试验台的系统图如图 3。在发动机催化器老化试验台中，设计要求有二个催化器同时进行试验，要保证按一定的空速比进行试验，并要计算排放量，为了进行对比试验，二条管路要求流量平衡。为了人为增加排气温度，加速老化过程，对排气进行了补气等措施，所以必须进行排气流量的测量。

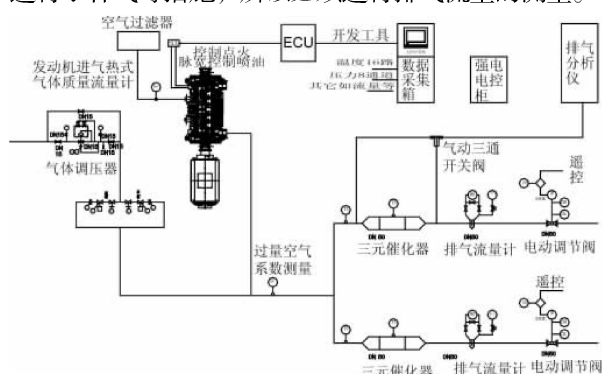


图3 车用催化器老化试验台架评价装置总体示意图

在本试验台中采用了二台威力巴流量计，流量计的规格为 DN50 管径，采用常压大气临界文丘里管标定试验台进行标定。标定条件：环境压力 101.3 kPa，环境相对湿度 70%，压差传感器量程 0~1 kPa，压差传感器精度 0.1%。标定结果见表 1、图 4。

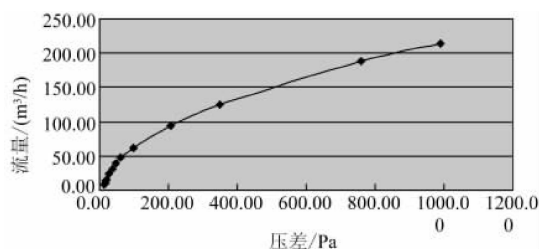


图4 威力巴流量计标定结果

表 1 威力巴流量计标定结果

压差 /Pa	质量流量 /(kg/h)	实际体积流量 /(m³/h)	标定体积流量 /(m³/h)	误差/%
15.00	9.92	7.32	7.88	-0.28
15.63	12.36	8.92	9.82	-0.45
16.88	14.97	11.53	11.90	-0.18
18.13	17.41	13.69	13.84	-0.08
18.75	18.63	14.65	14.81	-0.08
20.00	20.04	16.42	15.92	0.25
27.50	29.96	24.59	23.81	0.39
36.88	39.57	32.07	31.45	0.31
47.50	49.49	38.88	39.34	-0.23
62.50	59.61	46.88	47.39	-0.26
99.38	78.41	62.38	62.36	0.01
206.25	117.86	93.96	93.93	0.01
350.00	156.10	124.46	124.71	-0.12
990.00	265.50	212.71	214.52	-0.91

6 结 论

由于发动机排气流量测量中的特殊问题，一直以来排气流量的精确测量是一个难于解决的问题，本文采用威力巴流量计进行发动机高温排气流量测量，取得了较好的效果。

参考文献

- [1] 孔珑. 工程流体力学[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [2] 上海同圆发动机测试工程技术中心. 发动机排气流量测量技术[R]. 2007.
- [3] 梁国伟等. 流量测量技术及仪表[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [6] Mr. Gunnar Stiesch. Utilizing multiple injections for optimized performance and exhaust emissions with the MTU Series 2000 common rail marine engines[C]. CIMAC Congress 2007, Paper No. 50.
- [7] Dipl. Ing. Jaroslav Hloušek, Common rail system for large diesel engines[C]. CIMAC Congress 2007, Paper No. 117.
- [8] 付永领、祁晓野. AMESim 系统建模和仿真[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [9] 赵选民. 试验设计方法[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [10] 刘文卿. 实验设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

(上接第 26 页)

- [2] 平涛, 徐建新, 谷峰, 等. 共轨用新型电控喷油器结构及性能研究[J]. 柴油机, 2008, 30(6): 20-23.
- [3] 杨洪敏, 苏万华, 汪洋, 等. 高压共轨式喷油器的无量纲几何参数对喷油规律和喷油特性一致性影响的研究[J]. 内燃机学报, 2000(3).
- [4] 金江善. 柴油机高压共轨燃油喷射系统仿真研究[D]. 上海: 七一一研究所, 2005.
- [5] Mr. Marco Ganser. New common rail systems suited for diesel engines from 1 to 5 megawatt: modeling simulations and hardware results[C]. CIMAC Congress 2007, Paper No. 70.