

Promass83A 质量流量计在发动机 试验中的应用

吴 波

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 从原理上解释了 Promass83A 质量流量计精度高、抗干扰能力强的特性, 并通过试验将称重传感器、涡轮流量计和质量流量计测得的数据进行比较, 进一步掌握了质量流量计的性能参数, 在试车应用中取得了良好的效果。

关键词: 质量流量计; 应用; 验证试验

中图分类号: V434

文献标识码: A

文章编号: (2005)06-0057-04

The application of promass83A mass flowmeter to engine tests

Wu Bo

(Xi'an Aerospace Propulsion Test Technique Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: The characteristics of Promass83A mass flowmeter, such as high precision and strong capability of anti-jamming are explained theoretically. Test data of weight-sensor, turbine flowmeter and mass flowmeter are compared and the performance parameter of mass flowmeter are better understood and well applied to engine tests.

Key words: mass flowmeter; application; validate test

1 引言

在发动机试验过程中, 流量是发动机的主要性能参数之一。如何准确地提供流量参数, 一直是人们研究的课题。试验中一般使用涡轮流量计来

测量流量, 它的体积小、量程大、响应快。但是, 由于它是一种速度型的容积仪表, 对管道中流态的变化十分敏感, 校验和使用流态介质的差异, 容易引入系统误差。为此, 我们选用 Promass83A 质量流量计进行测量。

Promass83A 质量流量计是基于科氏力原理进

收稿日期: 2005-07-04; 修回日期: 2005-09-25。

作者简介: 吴波 (1978—), 男, 助理工程师, 研究领域为发动机试验测量。

行测量,所以它所测得的质量流量与流体温度、压力、粘度、电导率及流量特性无关,完全消除了涡轮流量计因流态差异引入的系统误差,并且可同时测得介质密度和温度。

2. 质量流量计的测量原理及组成

2.1 测量原理

2.1.1 流量的测量

Promass83A 是根据科氏力原理来测量流体的质量流量的,科氏力是指物体在旋转系统中做直线运动时所受的力:

$$\vec{F}_c = 2 \times \Delta m (\vec{v} \times \vec{\omega})$$

其中 \vec{F}_c 为科氏力; Δm 为移动物体的质量; $\vec{\omega}$ 为角速度; \vec{v} 为旋转或震动时的径向速度。

科氏力与运动流体的质量 Δm 、速度 \vec{v} 成正比,即科氏力与流体的质量流量成正比。Promass83A 用测量管的振动来代替恒定的角速度 $\vec{\omega}$,当流体流过测量管时,测量管产生振动。

在测量管中产生的科氏力会引起管子变形,从而产生进口和出口的相位差:

零流量时,即流体停滞不流动时,入口和出口相位差为零;当有流体流过时,测量管入口处振动减速,出口处振动加速;当质量流量增加时,相位差(A-B)也增加,通过入口和出口的电感式相位传感器就可以测量管子的振动相位。

单管系统采用解决系统平衡问题的方法不同于双管系统的平衡方法,如 PromassA 是采用内部参考质量方法来解决系统平衡问题。

2.1.2 密度测量

测量管连续地以一定的共振频率进行振动,振动频率随流体密度变化而变化,因此,共振频率是流体密度的函数,所以通过测量共振频率可得对应的流体的密度。

2.1.3 温度测量

测量管由带有 Pt100 的温度电极测得流体温度。

测出的温度用于流量测量的温度进行补偿。

该温度信号与介质温度相对应,也可作为流体的温度输出信号。

2.2 组成

Promass83A 质量流量计由一台变送器(Promass83)和一台传感器(PromassA)组成。变送器包括液晶显示、光敏键操作,专用快速设定、质量流量、体积流量、密度和温度测量;传感器用于小流量测量精度高。

3 验证试验

为验证 Promass83A 质量流量计测量数据的准确性,试车前,对其进行了一次验证试验。此次试验的地点在工位燃料间,采用的工作介质是水。质量流量计、涡轮流量计、标定范围为 206~1206g 的称重装置对同一介质同时进行测量。以称重装置的测量结果作为标准数据,把质量流量计和涡轮流量计测得的数据与标准数据进行比较。通过结果对比,从而得到两种流量计的测量的精度。

3.1 安装

在工位燃料间的称重装置和涡轮流量计之间,水平安装质量流量计,并用支架固定,以免连接处产生应力过大,确保测量结果不受管道振动影响。因为气泡和残渣会影响测量的精度:为了保证测量管内没有残留气体,流量计应处于系统最低点;在质量流量计前安装过滤器避免残渣进入测量管。

3.2 变送器连接

Promass83 有 4~20mA 电流和脉冲/频率两种输出信号。脉冲/频率输出量程 2~10000Hz,而现有的流量测试仪和 620 系统不适合采集如此的高频信号。4~20mA 电流信号传输距离远,抗干扰能力强,并且此电流信号中载有 HART 协议的调制信号,经解调后可监视到前台介质温度、密度,更适合系统采集。

变送器端子如图 1 接线,打开端盖(f),从(a)电缆接口送入电源电缆,(b)电缆接口送入信号电缆;根据接线图连接电缆,为防止电流冲击,电源电缆要与壳体相连的接地端子连接。

4~20mA 采用高速采集仪器尼高力进行采集,在放大器输入端并接一个 250Ω 的电阻,将 4~20mA 转换成 1~5V 电压量,HART 调制解调器也并接在线路上用 RS232 串口与计算机相连,系统接线如图 2。

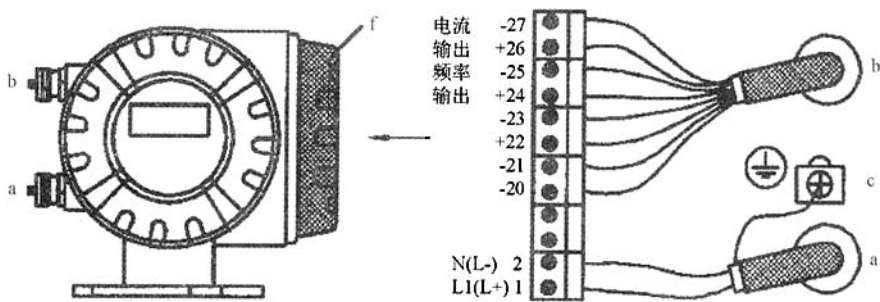


图 1 变送器端子接线图

Fig.1 Wiring diagram of the deliver

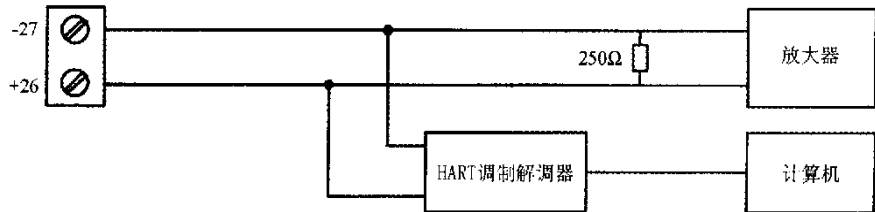


图 2 质量流量测量系统原理图

Fig.2 Schematic of mass flowmeter test system

3.3 设置参数

Promass83 变送器设置质量流量单位 (g/s)、温度 (℃)、密度 (g/m³)；定义 4mA 和 20mA 电流输出的实际质量流量，并且尼高力采集的电压量与质量流量的线性关系应与定义的相一致；在管路填充之后保证流量为零时进行零位调节以获得较高的测量精度。

3.4 验证结果

验证试验以称重数据作为真值，求出涡轮流量计数据、质量流量计数据与称重数据的偏差。此次验证试验涡轮流量和质量流量处理的是 10s 至关机时间内的平均数据，称重装置是 9~10s 的平均质量与关机前一秒的平均质量的差除以时间作为流量数据。数据结果见表 1。

- q_{mw} —— $\phi 0.5$ 涡轮流量计流量，g/s；
- q_{mc} —— 称重装置测出的流量，g/s；
- q_{mz} —— 质量流量计流量，g/s；
- 偏差 1 —— 涡轮流量计与称重装置的比较；
- 偏差 2 —— 质量流量计与称重装置的比较。

表 1 验证试验数据
Tab.1 Data of the validate tests

序号	验证时间 /s	q_{mc}	q_{mw}	q_{mz}	偏差 1	偏差 2
		g/s			%	
1	20	4.053	4.031	4.007	0.54	1.14
2	20	4.408	4.368	4.374	0.92	0.78
3	20	4.855	4.795	4.859	1.22	-0.09
4	20	5.127	5.047	5.104	1.56	0.44
5	20	5.445	5.320	5.357	2.29	1.61
6	20	6.178	6.042	6.105	2.19	1.18
平均偏差					1.45	0.84
7	50	3.399	3.325	3.375	2.19	0.71
8	50	2.265	2.197	2.264	3.00	0.03
9	50	2.972	2.896	2.963	2.57	0.32
10	50	3.333	3.263	3.331	2.10	0.07
11	50	3.808	3.756	3.778	1.38	0.79
平均偏差					2.25	0.38
12	100	2.074	2.022	2.073	2.50	0.03
13	100	2.809	2.756	2.813	1.88	-0.15
14	100	3.303	3.205	3.295	2.96	0.23
15	100	3.682	3.594	3.673	2.41	0.26
平均偏差					2.44	0.09

可知，质量流量计的偏差比涡轮流量计的偏差小，准确性高；而时间越长质量流量计偏差越小，因为称重装置取的是一段时间内的平均流量，所以时间越长稳定性越好。

4 试车应用情况

在 80R₀₄001~002 试车当中，采用了涡轮流量计和质量流量计并记的方式。部分数据如表 2 中所示。

q_m ——涡轮流量计流量，g/s；

q_{mZ} ——质量流量计流量，g/s。

由验证数据可得出，流量在 2~2.5g/s 时，质量流量的偏差为 0.03%，可以近似看作真值。而表 2 的试车数据可以看出涡轮流量与质量流量比较偏差较大，说明涡轮流量计测量误差较大。

5 结论

Promass83A 质量流量计已应用于多种研究性的试车中，包括常规介质和凝胶。由于它的测量不受介质特性影响，测量凝胶这种粘性较大的介

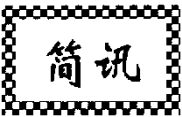
质时，具有其它类型传感器所不具备的优势。经过多次试车验证其性能良好，输出信号抗干扰能力强，数据准确可靠。但在使用中一定要避免气泡对测量的影响；试后处理要将测量管清洗干净，避免残渣留在管内。

表 2 试车数据

Tab.2 Test data

点火序号	工作时间/s	$q_m/(g/s)$	$q_{mZ}/(g/s)$
1	5	2.096	2.158
2	5	2.128	2.217
	5	2.143	2.253
	5	2.194	2.281
	5	2.185	2.278
	5	2.172	2.263
	5	2.164	2.261
	5	2.157	2.245
	5	2.149	2.246
	5	2.140	2.228
	5	2.133	2.245

(编辑：侯 早)



印度本土制造的低温发动机完成资格鉴定

印度空间研究组织 (ISRO) 称，印度已经完成了其本土制造的低温火箭发动机的资格鉴定，不久将对该型发动机进行飞行试验。

低温火箭发动机的研制成功，将使印度成为有能力使用自主制造的低温发动机进行火箭发射的国家。目前，世界上已经具有这一能力的国家为美国、俄罗斯、法国、中国和日本。