

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2019.01.11

前后直管内径对涡轮流量计的影响研究

张毅治, 张永胜, 刘彦军

(航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 涡轮流量计在安装和使用过程中往往存在直管段口径与流量计通径不完全一致的现象。选取 CL 系列和 LWGY 系列涡轮流量计, 在燃油动态流量标准装置上进行了上下游直管段不同口径条件下的校准试验, 从而得到直管段口径对涡轮流量计 K 系数的影响。试验证明, 直管段口径所引入的误差不可忽视, 因此在使用或校准涡轮流量计时应务必保证直管段口径与流量计通径一致。

关键词: 涡轮流量计; 支管口径; K 系数

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2019)01-0047-04

The Influence of Diameter of Straight Pipe on Turbine Flowmeter

ZHANG Yizhi, ZHANG Yongsheng, LIU Yanjun

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: During the installation and use of turbine flowmeters, the diameter of the straight pipe is not usually exactly the same as that of the turbine flow-meter, which effect the K -coefficient of the turbine flow-meter. The CL series and LWGY series turbine flow-meters were selected to carry out the calibration tests under different diameter conditions of upstream and downstream straight pipes on a dynamic fuel flow standard device, so as to obtain the influence of the diameter of straight pipe on the K -coefficient of the turbine flowmeter. The experimental results show that the error introduced by the diameter of straight pipe can not be ignored. Therefore, it is required that the diameter of straight pipe is consistent with that of the flow-meter in the use or calibration of turbine flow-meter.

Key words: turbine flow-meter; diameter of straight pipe; K -coefficient

0 引言

流量是现代工业测量中的一个重要参数。涡轮流量计具有测量精度高、量程范围宽、重复性与动态特性好等特点^[1], 广泛用于流量测量领域, 例如航空发动机试车台、发动机附件试验器、发动机半物理仿真试车台实验中均选用涡轮流量计对燃油流量进行测量^[2-3]。

涡轮流量计的安装要求较高, 其上下游需有足够长的直管段, 同轴同口径安装。美国国家标准与技术研究院(NIST)曾对上游安装 90° 单弯头和异面 90° 双弯头分别进行了试验研究^[4], 天津大学对上游弯头和渐缩管对涡轮流量计测量性能进行了试验研究, 并对涡轮流量计前导流器的结构和性能也进行了相关研究^[5-6], 哈尔滨工业大学针对直管段长度对涡轮流量计精度的影响进行了分析^[7]。但是在涡轮流量计的使用与检定校准过程中, 上下游直管段的通径往往不会与流量计的通径完全一致, 同样会直接影响涡轮流量计

的准确度和校准结果, 目前国内尚未进行相关的试验。本文选取了典型涡轮流量计, 进行了涡轮流量计变口径管路试验。

1 试验装置

涡轮流量计是一种流量测量仪表, 流动流体的动力驱使涡轮叶片旋转, 其旋转速度与体积流量近似成比例。通过流量计的流体体积值是以涡轮叶轮转数为基准的。涡轮流量计主要由传感器和转换器组成。使用仪表 K 系数或累积流量来计算流量计的示值误差^[8]。

$$K = \frac{N}{V} \quad (1)$$

式中: K 为仪表系数, m^{-3} 或 L^{-1} ; N 为流量计显示仪表测得的脉冲数; V 为标准装置测得的实际体积, m^3 或 L 。

本次试验所使用的标准装置为燃油动态流量标准装置, 该装置采用体积管法, 测量扩展不确定度为 $U=0.05\%$ ($k=2$), 其原理如图 1 所示。

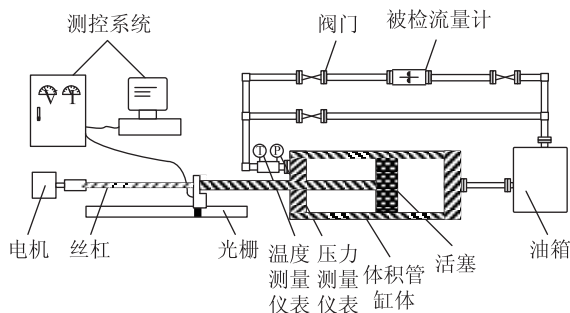


图1 标准装置原理图

燃油动态流量标准装置的工作原理为：工作过程中电机旋转，驱动滚珠丝杠带动标准体积管活塞左行，排出液体流经控制阀门及被检流量计后，经过过滤器回到储油箱；同时，储油箱里的油经过下游管段进入标准体积管^[9]。

2 试验内容

研究中选择常用的 CL 系列涡轮流量计和 LWGY 系列涡轮流量计进行试验。分别选取 DN4, DN6 和 DN10 口径的流量计，且均为 0.5 级。

图 2 为本次试验涡轮流量计的安装示意图，图中 D 为被校涡轮流量计的口径， d 为上下游直管段的内壁直

径。依据 JJG 1037-2008 《涡轮流量计检定规程》的要求，保证上下游的直管段与被校流量计同轴安装，并且连接处的密封垫不得凸入流体管道内^[9]，上游直管段长度为 $20D$ ，下游直管段长度为 $10D$ 。试验过程中，保证试验流体为单相液体，介质为航空燃油 RP-3。

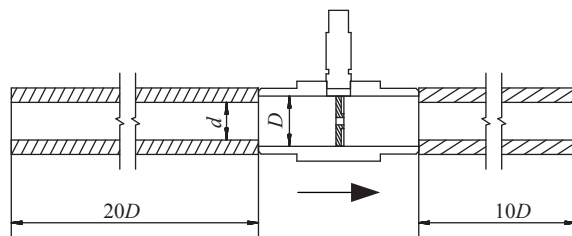


图2 流量计安装示意图

在试验过程中，为每只流量计配制了 7 组不同口径的直管段，对每只流量计进行 7 次校准测试。设 K 为涡轮流量计口径与直管段口径的比值，则有

$$K = \frac{d}{D} \quad (2)$$

其中， $0.75 < K < 1.2$ 。在此基础上，每次试验过程中，根据流量计的流量范围，选取 9 个流量点，每个流量点校准 3 次。流量计的铭牌信息及直管段口径选择详见表 1。

表 1 流量计及直管段尺寸

型号	口径	流量范围	出厂编号	上下游管路口径/mm
CL-4	DN4	0.25 ~ 5 L/min	1138	φ3.0, φ3.4, φ3.6, φ3.8, φ4.0, φ4.2, φ4.7
CL-6	DN6	0.5 ~ 16 L/min	1158	φ4.8, φ5.3, φ5.5, φ5.7, φ6.0, φ6.4, φ7.0
CL-10	DN10	2.3 ~ 50 L/min	1134	φ7.8, φ9.1, φ9.4, φ10, φ10.4, φ10.8, φ11.8
LWGY-4	DN4	0.04 ~ 0.25 m ³ /h	L111110	φ3.0, φ3.4, φ3.6, φ3.8, φ4.0, φ4.2, φ4.7
LWGY-6	DN6	0.1 ~ 0.6 m ³ /h	L111111	φ4.8, φ5.3, φ5.5, φ5.7, φ6.0, φ6.4, φ7.0
LWGY-10	DN10	0.2 ~ 1.2 m ³ /h	L111112	φ7.8, φ9.1, φ9.4, φ10, φ10.4, φ10.8, φ11.8

3 试验结果

选取 $h = 1$ ，即以上下游管路直径与涡轮流量计的口径完全一致时涡轮流量计的值作为标准值，用 K_U 表示，根据式(3)对其它工况下试验数据进行无量纲化。

$$E = \frac{K_i - K_U}{K_U} \times 100\% \quad (3)$$

式中： E 为其它工况与标准工况下的系数差值比； K_U 为标准工况下的仪表系数， m^{-3} 或 L^{-1} ； K_i 为其它工况下的仪表系数， m^{-3} 或 L^{-1} 。

图 3 ~ 图 8 分别为流量计的 K 系数曲线图和无量纲

化后的差值比曲线图。

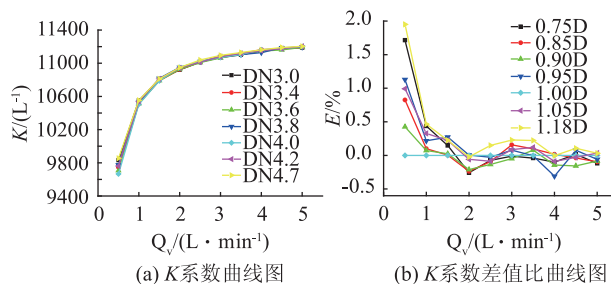


图3 CL-4 涡轮流量计 K 系数曲线图和 K 系数差值比曲线图

从 K 系数曲线图中可以看出, 不同直管段口径会影响仪表 K 系数, 但是与仪表本身 K 系数的变化趋势一致。

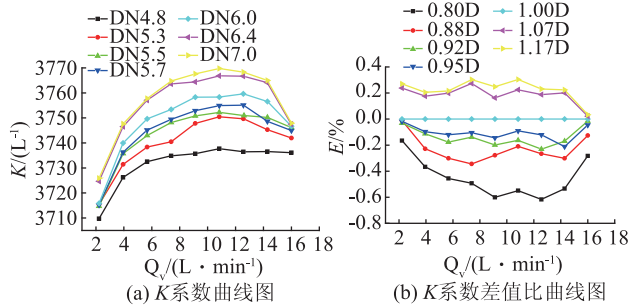


图4 CL-6 涡轮流量计 K 系数曲线图和 K 系数差值比曲线图

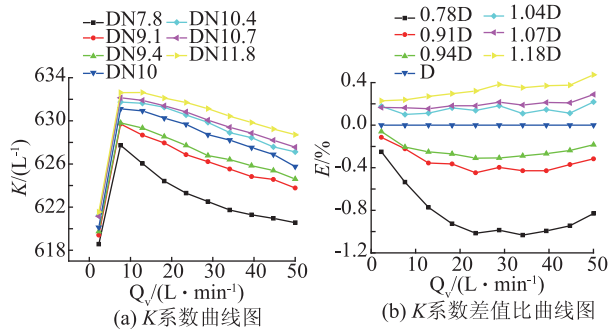


图5 CL-10 涡轮流量计 K 系数曲线图和 K 系数差值比曲线图

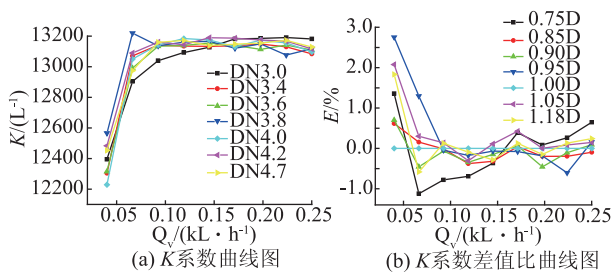


图6 LWGY-4 流量计 K 系数曲线图和 K 系数差值比曲线图

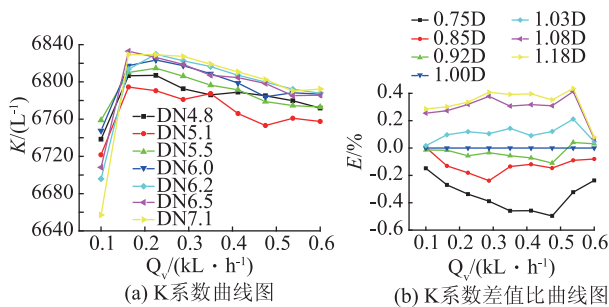


图7 LWGY-6 流量计 K 系数曲线图和 K 系数差值比曲线图

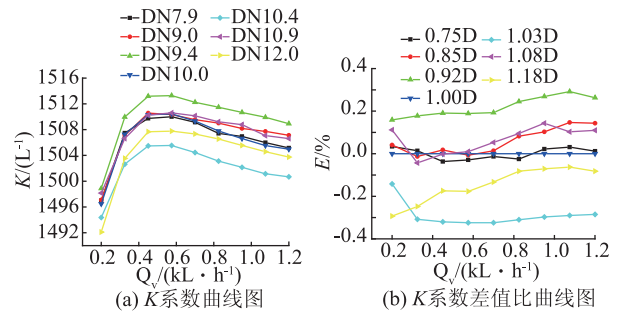


图8 LWGY-10 流量计 K 系数曲线图和 K 系数差值比曲线图

从 K 系数差值比曲线图中可以看出, 直管段直径 d 与流量计口径 D 的差值越大, 则对 K 系数的影响越严重。对于 CL 系列涡轮流量计, 若 $d < D$, 则仪表 K 系数会减小; 若 $d > D$, 则仪表 K 系数会增大; 而对于 LWGY 系列涡轮流量计, d 的变化与仪表 K 系数之间无明显对应关系。

通过式(4)对不同工况下仪表系数波动 Δ 情况进行计算。

$$\Delta = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{K_U} \times 100\% \quad (4)$$

式中: K_{\max} 为同一流量点下不同工况下仪表系数最大值; K_{\min} 为同一流量点下不同工况下仪表系数最小值。

从表2中可以得到, 试验中系数最大相差2.7%之多, 所选进行试验涡轮流量计最大允许误差为0.5级, 直管段口径改变造成的误差远远超过流量计的最大允许误差。

表2 流量计仪表系数的波动情况

型号	口径	流量范围	$\Delta_{\max}/\%$
CL-4	DN4	0.25 ~ 5 L/min	1.95
CL-6	DN6	0.5 ~ 16 L/min	0.85
CL-10	DN10	2.3 ~ 50 L/min	1.37
LWGY-4	DN4	0.04 ~ 0.25 m³/h	2.75
LWGY-6	DN6	0.1 ~ 0.6 m³/h	0.85
LWGY-10	DN10	0.2 ~ 1.2 m³/h	1.42

4 结论

在涡轮流量计的检定校准过程中, 校准实验室会保证直管段口径与流量计口径一致, 而在实际使用过程中, 直管段口径往往很难满足要求, 因此直接应用检定校准结果, 势必引入误差。建议各单位在设计涡轮流量计上下游管路时务必保证 JJG 1037-2008 《涡轮

流量计检定规程》中的安装条件，对于高精度涡轮流量计，必要时，应当将涡轮流量计上下游直管段与流量计一同送至检定单位，以减少直管段口径和长度不同而引入的误差。

参 考 文 献

[1] 王池. 流量测量技术全书[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.

[2] 张志宏. 发动机试验涡轮流量计测量不确定度评定方法[C]// 2012 航空试验测试技术学术交流会论文集, 2012.

[3] 李建军. 涡轮流量计在火箭发动机试验中的应用[J]. 火箭推进, 2007, 33(3): 52-55.

[4] Mattingly G E, Yeh T T. Effects of Pipe Elbows and Tube Bundles on Selected Types of Flowmeters[J]. Flow Measurement & Instrumentation, 1991, 2(1): 4-13.

[5] 赵丹, 郑丹丹, 张涛, 等. 上游弯头和渐缩管对涡轮流量计测量性能的影响[J]. 化工自动化及仪表, 2012, 39(3): 416-419.

[6] 刘正先, 徐莲环. 涡轮流量计前导流器的结构与性能[J]. 机械工程学报, 2008, 44(1): 233-237.

[7] 张新平. 涡轮流量计精度与直管段长度之关系[J]. 油气田地面工程, 2004, 23(9): 35-36.

[8] JJG 1037-2008 涡轮流量计检定规程[S]. 2008.

[9] 刘彦军, 韩义中, 刘福川. 活塞式液体流量标准装置[J]. 工业计量, 2002(S1): 34-36.

收稿日期: 2018 - 08 - 29

基金项目: 国家技术基础科研项目(JSJL2017205A005)

作者简介

张毅治(1986 -), 男, 牡丹江人, 工程师, 硕士, 主要研究方向为流量计量及标准装置研制。



塑料和金属有机框架搭伴而成的新式混合材料可用于传感和存储

美国国家标准与技术研究院(NIST)的最新研究表明, 3D 打印机所用的塑料材料与一种用于检测和储存气体的多功能材料相结合, 可能会为我们带来物美价廉的传感器和燃料电池。

这种多功能材料被称为金属有机框架(metal - organic framework), 或简称为 MOF, 它可能不像塑料那样为人熟知, 但经证明其用途可能很广泛。它们制造简单, 成本很低, 而且其中一些材料擅长从空气中捕获特定的气体。

NIST 传感器科学家使用木偶来演示金属有机框架(MOF)及其选择性捕获特定物质的能力。

从微观层面来看, 金属有机框架(MOF)看起来像还未完工的建筑, 类似中空的钢架结构。MOF 具有一项特殊能力: 当流体从中流过时, 这些框架梁会吸附并留住流体中的一些特定成分, 而其他成分则顺利通过。MOF 已经成为精炼石油和其他碳氢化合物的一种颇具前景的候选方式。

金属有机框架(MOF)也引起了 NIST 和美利坚大学(American University)等科研团队的注意, 因为它们的优势或许能成为开发廉价传感技术的基础。例如, 某些 MOF 擅长过滤甲烷或二氧化碳, 这二者都是温室气体。目前最大的问题是, 新制造的 MOF 是与灰尘体积相当的微小颗粒, 很难用这种细小到可以从手指缝滑过的材料构建可用的传感器。

为了解决这个问题, 该团队决定尝试将金属有机框架(MOF)混合到 3D 打印机使用的塑料材料中。这样一来, 打印机不仅可以 将这种塑料塑造成科研人员所需的任何形状, 而且塑料本身具有足够的渗透性, 允许气体直接穿过它, 与此同时, MOF 可以捕捉到团队想要检测的特定气体分子。现在的问题是, 这种混合材料中的 MOF 是否仍能继续发挥作用?

该团队的最新研究论文表明, 这一想法不仅有望应用于传感领域, 而且也能用于其他领域。试验结果表明, 金属有机框架(MOF)和塑料融合得很好。例如, MOF 在熔化时不会沉淀到塑料的底部, 而是保持均匀地分布在混合物中。然后, 研究小组开始 制造一种擅长捕捉氢气的 MOF 混合物, 并进行了测试, 看看这种稳固后的混合物储存氢气的的能力如何。

NIST 传感器科学家 Zeeshan Ahmed 说: “汽车行业仍在寻找一种便宜、轻便的方式来为氢动力汽车储存燃料, 我们希望在塑料中混合 MOF 的方式可以作为制造这种燃料箱的基础。”

这篇论文还表明, 当暴露于氢气时, 这种固体混合物比单独的塑料保留的氢气多 50 倍, 这表明混合在塑料中的金属有机框架(MOF)仍然有效。这些试验结果带来了极大的希望, 但目前还不足以用来开发燃料电池。Ahmed 和他的研究团队成员乐观地认为这个思路可以继续改进, 以满足实际使用需求。他们已经在另一篇论文中进行了初步研究, 该论文探讨了其他两种 MOF 对氮气的吸附效果也能媲美氢气, 并且还展示了如何使 MOF - 塑料混合物免受湿度降低的影响。该团队目前正在与其他 NIST 研究小组合作开发基于 MOF 的传感器。

(摘自计量测控)