



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104390679 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201410584523. 5

(22) 申请日 2014. 10. 27

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 程迪 孟令瑾 范学军

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390

代理人 贺楠

(51) Int. Cl.

G01F 25/00(2006. 01)

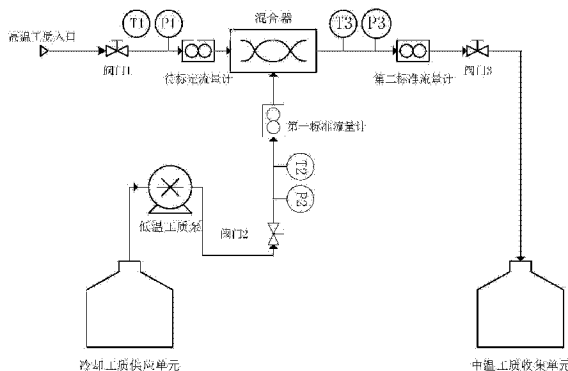
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,该装置包括高温工质供应单元、冷却工质供应测量单元、混合器、中温工质测量单元,由高温工质供应单元提供的高温工质与由冷却工质供应测量单元提供的冷却工质在混合器中互溶后达到中温工质测量单元,高温工质供应单元包括第一压力表、第一温度表、待标定质量流量计,冷却工质供应测量单元包括第二压力表、第二温度表、第一标准质量流量计,中温工质测量单元包括第三压力表、第三温度表、第二标准质量流量计。还提供了采用该装置的方法。



1. 一种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,其特征在于:该装置包括高温工质供应单元、冷却工质供应测量单元、混合器、中温工质测量单元,由高温工质供应单元提供的高温工质与由冷却工质供应测量单元提供的冷却工质在混合器中互溶后达到中温工质测量单元,高温工质供应单元包括第一压力表、第一温度表、待标定质量流量计,冷却工质供应测量单元包括第二压力表、第二温度表、第一标准质量流量计,中温工质测量单元包括第三压力表、第三温度表、第二标准质量流量计。

2. 根据权利要求1所述的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,其特征在于:所述高温工质和所述冷却工质是可完全互溶的物质。

3. 根据权利要求2所述的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,其特征在于:所述混合器包括一个三通,三通的第一、二、三管口分别连接高温工质供应单元、冷却工质供应测量单元、中温工质测量单元;第二管口的管径小,以便使进入三通内的冷却工质保持在湍流状态。

4. 根据权利要求3所述的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,其特征在于:冷却工质供应测量单元通过一个直管连接到所述第二管口,直管的长度是直管的管径的10倍。

5. 根据权利要求1所述的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,其特征在于:该装置还包括工质收集单元,其与中温工质测量单元连接。

6. 一种采用根据权利要求1所述的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置的方法,其特征在于:包括以下步骤:

(1) 关闭高温工质供应测量单元,打开冷却工质供应测量单元和中温工质测量单元,对第一、二标准质量流量计进行调零;

(2) 根据预期的高温工质流量,选择合适的冷却工质流量,保证标定的高温工质流量具有最小相对误差,同时确保第二压力表数值和第三压力表数值均低于第一压力表数值;

(3) 打开高温工质供应测量单元,监视第三温度表数值以保证第二标准质量流量计不被损坏,若第三温度表数值超过指定限值则切断高温工质供应测量单元;若未超过则待达到稳态,记录下第一压力表数值、第一温度表数值和第一、二标准质量流量计的读数;

(4) 关闭高温工质供应测量单元,间隔指定时间后,关闭冷却工质供应测量单元和中温工质测量单元;

(5) 通过第二标准质量流量计的读数减去第一标准质量流量计的读数,得到待标定质量流量计的数值。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,选择合适的冷却工质流量,以便最小化根据公式(1)计算出的待标定质量流量的相对误差,

$$e_1 = \frac{\Delta \dot{m}_1}{\dot{m}_1} = \frac{\sqrt{e_2^2 \dot{m}_2^2 + e_3^2 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2)^2}}{\dot{m}_1} \quad (1)$$

其中  $e$  表示相对误差,  $\dot{m}$  表示质量流量,  $\Delta \dot{m}$  表示质量流量的测量偏差,下标 1、2、3 分别代表高温介质、低温介质和混合后的中温介质,而最进行小化时所需满足的约束为公式(2):

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 \\ \Delta \dot{m}_1 = \sqrt{\Delta \dot{m}_2^2 + \Delta \dot{m}_3^2} \\ \Delta \dot{m}_2 = e_2 \dot{m}_2 \\ \Delta \dot{m}_3 = e_3 \dot{m}_3 \\ \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3(T_3) \\ \dot{m}_1 > 0 \\ \dot{m}_{2,\min} < \dot{m}_2 < \dot{m}_{2,\max} \\ \dot{m}_{3,\min} < \dot{m}_3 < \dot{m}_{3,\max} \\ T_3 < T_{3,\max} \end{array} \right. \quad (2)$$

其中  $h$  表示流体的比焓,  $T$  表示流体的温度, 下标  $_{\min, \max}$  分别表示下限和上限。

## 一种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于自动化装置与设备的技术领域,具体地涉及一种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,以及采用该装置的方法。

### 背景技术

[0002] 在航空航天和石油化工领域中,经常需要对高温条件下的质量流量进行测量,而传统的M-t法,其测量精度严重依赖于t的精确测量,而在进行高温大流量质量流量计标定时,由于标准流量源工作时间有限以及高温阀门关闭时间测量精度有限,给标定带来严重困难。

[0003] 而在进行传递标定时,特别是超过现有的标准质量流量计的工作温度范围时,需要在两个流量计间对工质进行加热或者冷却,在大流量时需要较大的换热功率和较大的换热器内容积,前者会增加标定成本,后者会提高对流量源的稳定性要求和对标定总时间(即总流量)的要求。

### 发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提供一种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,其操作简单、效率高和成本低。

[0005] 本发明的技术方案是:这种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,该装置包括高温工质供应单元、冷却工质供应测量单元、混合器、中温工质测量单元,由高温工质供应单元提供的高温工质与由冷却工质供应测量单元提供的冷却工质在混合器中互溶后达到中温工质测量单元,高温工质供应单元包括第一压力表、第一温度表、待标定质量流量计,冷却工质供应测量单元包括第二压力表、第二温度表、第一标准质量流量计,中温工质测量单元包括第三压力表、第三温度表、第二标准质量流量计。

[0006] 还提供了采用以上超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置的方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 关闭高温工质供应测量单元,打开冷却工质供应测量单元和中温工质测量单元,对第一、二标准质量流量计进行调零;

[0008] (2) 根据预期的高温工质流量,选择合适的冷却工质流量,保证标定的高温工质流量具有最小相对误差,同时确保第二压力表数值和第三压力表数值均低于第一压力表数值;

[0009] (3) 打开高温工质供应测量单元,监视第三温度表数值以保证第二标准质量流量计不被损坏,若第三温度表数值超过指定限值则切断高温工质供应测量单元;若未超过则待达到稳态,记录下第一压力表数值、第一温度表数值和第一、二标准质量流量计的读数;

[0010] (4) 关闭高温工质供应测量单元,间隔指定时间后,关闭冷却工质供应测量单元和中温工质测量单元;

[0011] (5) 通过第二标准质量流量计的读数减去第一标准质量流量计的读数,得到待标

定质量流量计的数值。

[0012] 根据能量守恒原理,利用低温可互溶的流体与待标定高温流体掺混得到可直接测量质量流量的中温流体,其中  $T_1 > T_{limit} > T_3 > T_2$ ,其中  $T_1$  为高温工质的温度, $T_{limit}$  为待标定质量流量计的额定温度, $T_3$  为中温工质的温度, $T_2$  为冷却工质的温度。所以本发明的中温工质的温度不会超过待标定质量流量计的额定温度,这样就保证本发明能够实现。通过本发明将冷却工质与高温工质相混合,得到中温工质,再采用标准质量流量计测量冷却工质、中温工质的流量,相减后就得到待测的高温工质的流量,相对于现有装置和方法操作更简单、效率更高和成本更低。

### 附图说明

[0013] 图 1 示出了根据本发明的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置的结构示意图;

[0014] 图 2 是冷却工质流量的最小相对误差线;

[0015] 图 3 示出了根据本发明的超出参考流量计许用温度的质量流量标定方法的原理图;

[0016] 图 4 示出了根据本发明的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置一个优选实施例的结构示意图。

### 具体实施方式

[0017] 图 1 示出了根据本发明的超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置的结构示意图。从图 1 中可以看出,这种超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置,该装置包括高温工质供应单元、冷却工质供应测量单元、混合器、中温工质测量单元,由高温工质供应单元提供的高温工质与由冷却工质供应测量单元提供的冷却工质在混合器中互溶后达到中温工质测量单元,高温工质供应单元包括第一压力表 P1、第一温度表 T1、待标定质量流量计,冷却工质供应测量单元包括第二压力表 P2、第二温度表 T2、第一标准质量流量计,中温工质测量单元包括第三压力表 P3、第三温度表 T3、第二标准质量流量计。

[0018] 另外,为了使冷却工质能够更好地与高温工质在标定比例下互溶,高温工质和冷却工质是同一物质。

[0019] 另外,混合器包括一个三通,三通的第一、二、三管口分别连接高温工质供应单元、冷却工质供应测量单元、中温工质测量单元;第二管口的管径小,以便使进入三通内的冷却工质保持在湍流状态。

[0020] 另外,冷却工质供应测量单元通过一个直管连接到所述第二管口,直管的长度是直管的管径的 10 倍。这样能够保证进入三通内的冷却工质在湍流状态。

[0021] 另外,该装置还包括工质收集单元,其与中温工质测量单元连接。这样冷却之后的混合物如果满足要求可以再作为低温工质使用,能够节约成本,而且绿色环保。

[0022] 还提供了采用以上超出参考流量计许用温度的质量流量标定装置的方法,包括以下步骤:

[0023] (1) 关闭高温工质供应测量单元,打开冷却工质供应测量单元和中温工质测量单元,对第一、二标准质量流量计进行调零;

[0024] (2) 根据预期的高温工质流量,选择合适的冷却工质流量(可以根据图 2 来选择),保证标定的高温工质流量具有最小相对误差,同时确保第二压力表数值和第三压力表数值均低于第一压力表数值;

[0025] (3) 打开高温工质供应测量单元,监视第三温度表数值以保证第二标准质量流量计不被损坏,若第三温度表数值超过指定限值则切断高温工质供应测量单元;若未超过则待达到稳态,记录下第一压力表数值、第一温度表数值和第一、二标准质量流量计的读数;

[0026] (4) 关闭高温工质供应测量单元,间隔指定时间后,关闭冷却工质供应测量单元和中温工质测量单元;

[0027] (5) 根据质量守恒原理,通过第二标准质量流量计的读数减去第一标准质量流量计的读数,得到待标定质量流量计的数值。

[0028] 另外,按照图 2 的最小相对误差线来选择冷却工质流量,可以使标定流量的相对误差最小化,在步骤(2)中,选择合适的冷却工质流量,以便最小化根据公式(1)计算出的待标定质量流量的相对误差,

$$[0029] \quad e_1 = \frac{\Delta \dot{m}_1}{\dot{m}_1} = \frac{\sqrt{e_2^2 \dot{m}_2^2 + e_3^2 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2)^2}}{\dot{m}_1} \quad (1)$$

[0030] 其中  $e$  表示相对误差,  $\dot{m}$  表示质量流量,  $\Delta \dot{m}$  表示质量流量的测量偏差,下标 1、2、3 分别代表高温介质、低温介质和混合后的中温介质,而最进行小化时所需满足的约束为公式(2):

$$[0031] \quad \begin{cases} \dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 \\ \Delta \dot{m}_1 = \sqrt{\Delta \dot{m}_2^2 + \Delta \dot{m}_3^2} \\ \Delta \dot{m}_2 = e_2 \dot{m}_2 \\ \Delta \dot{m}_3 = e_3 \dot{m}_3 \\ \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3(T_3) \\ \dot{m}_1 > 0 \\ \dot{m}_{2,\min} < \dot{m}_2 < \dot{m}_{2,\max} \\ \dot{m}_{3,\min} < \dot{m}_3 < \dot{m}_{3,\max} \\ T_3 < T_{3,\max} \end{cases} \quad (2)$$

[0032] 其中  $h$  表示流体的比焓,  $T$  表示流体的温度,下标  $_{\min, \max}$  分别表示下限和上限。其可行域如图 2 所示,而对  $e_1$  求导数可得:

$$[0033] \quad \frac{\partial e_1}{\partial \dot{m}_1} = -\frac{\dot{m}_2 (e_2^2 \dot{m}_2 + e_3^2 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2))}{\dot{m}_1^2 \sqrt{e_2^2 \dot{m}_2^2 + e_3^2 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2)^2}} < 0$$

$$[0034] \quad \frac{\partial e_1}{\partial \dot{m}_2} = \frac{e_2^2 \dot{m}_2 + e_3^2 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2)}{\dot{m}_1 \sqrt{e_2^2 \dot{m}_2^2 + e_3^2 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2)^2}} > 0$$

[0035] 所以在高温介质流量一定时,与其混合的低温介质流量越小,此种方法的标定的相对误差越小,在考虑公式(2)中的不等式约束,可以得到图 2 中的最小相对误差线。

[0036] 根据能量守恒原理,利用低温可互溶的流体与待标定高温流体掺混得到可直接测

量质量流量的中温流体,其中  $T_1 > T_{limit} > T_3 > T_2$ ,其中  $T_1$  为高温工质的温度, $T_{limit}$  为待标定质量流量计的额定温度, $T_3$  为中温工质的温度, $T_2$  为冷却工质的温度。所以本发明的中温工质的温度不会超过待标定质量流量计的额定温度,这样就保证本发明能够实现。图 3 示出了根据本发明的超出质量流量计温度范围的质量流量标定方法的原理图。通过本发明将冷却工质混合到高温工质,得到中温工质,再采用标准质量流量计测量冷却工质、中温工质的流量,相减后就得到待测的高温工质的流量,相对于现有装置和方法操作更简单、效率更高和成本更低。

[0037] 图 4 示出了根据本发明的超出质量流量计温度范围的质量流量标定装置一个优选实施例(超临界煤油音速喷管流量计的标定装置)的结构示意图。该装置由高温工质供应单元、冷却工质供应测量单元、混合器、中温工质测量单元、工质收集单元组成。

[0038] 具体操作步骤如下:

[0039] 1. 关闭高温油阀门 V1,打开冷油阀门 V2 和混合油阀门 V3,打开冷油柱塞泵,先将管道中灌满冷油,再关闭冷油柱塞泵,并将 V2 和 V3 关闭,对质量流量计 MF2 和 MF3 进行调零;

[0040] 2. 然后打开 V2、V3,打开冷油柱塞泵,根据预期的热油流量,按照图 2 选择合适的冷油流量,保证标定具有最小相对误差,同时确保 P2 和 P3 低于 P1;

[0041] 3. 从热油入口通入热油,打开 V1,通入热油,监视 T3 保证 MF3 不被损坏,若 T3 超限立即切断 V1,待达到稳态,记录下 P1、T1 和 MF3, MF2 读数;

[0042] 4. 关闭 V1,待冷油带走管道中的热量,关闭冷油柱塞泵,关闭 V2, V3;

[0043] 5. 重复上述过程,得到不同 P1、T1 情况下的超临界煤油音速喷管流量计流量  $MF1 = MF3 - MF2$ 。

[0044] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属本发明技术方案的保护范围。

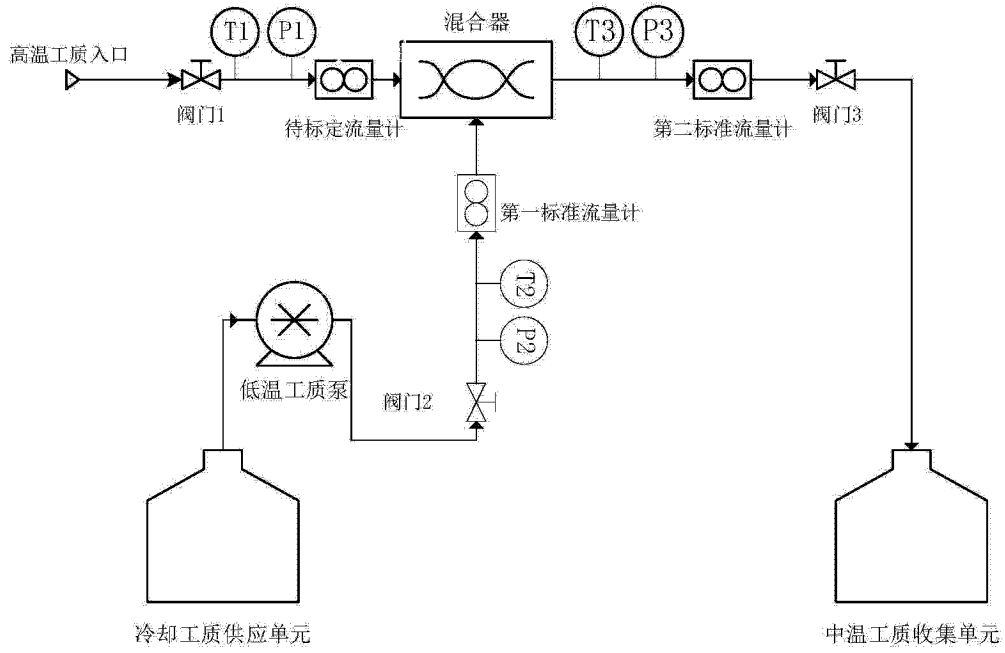


图 1

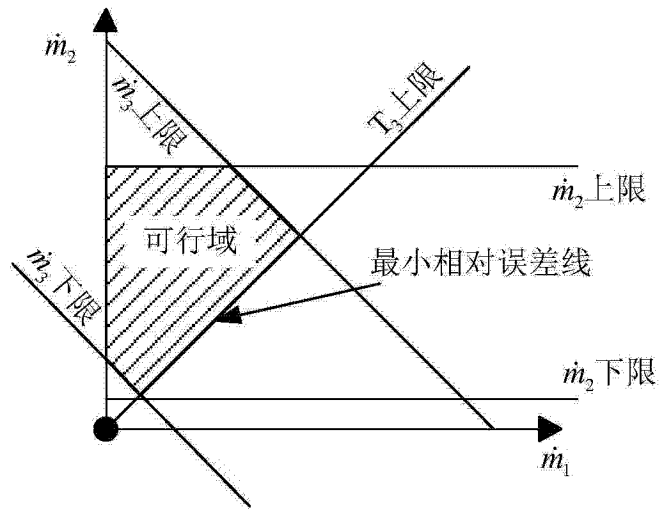


图 2



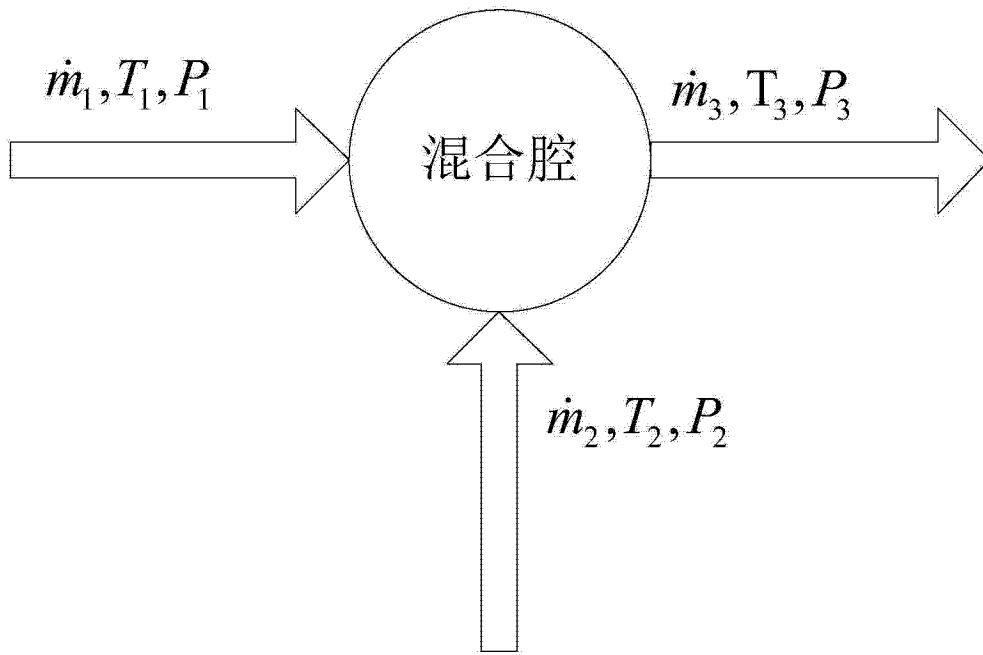


图 3

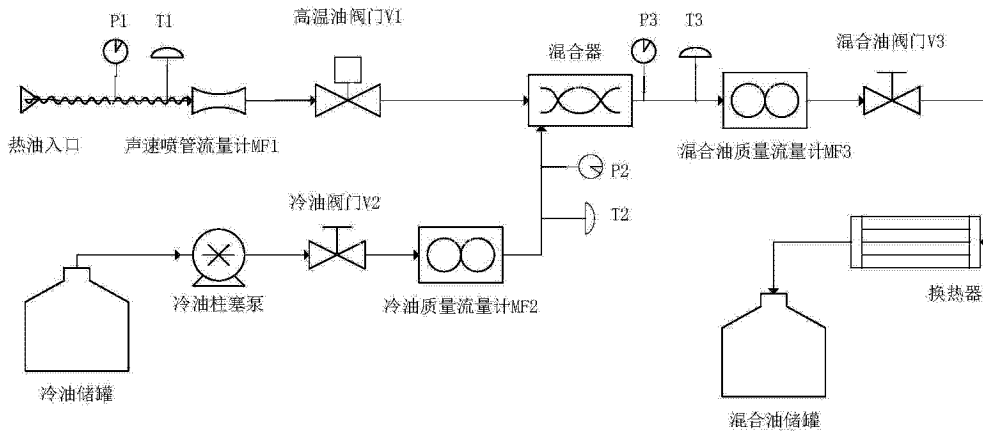


图 4