



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113685841 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 02

(21) 申请号 202110987931.5

(22) 申请日 2021.08.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113685841 A

(43) 申请公布日 2021.11.23

(73) 专利权人 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 高占彪 李东霞 顾洪斌 岳连捷

(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
专利代理师 焦海峰

(51) Int. Cl.
G01M 9/02 (2006.01)
B64F 5/60 (2017.01)

(56) 对比文件

- US 2019265125 A1, 2019.08.29
- CN 209960542 U, 2020.01.17
- CN 213253871 U, 2021.05.25
- CN 108592396 A, 2018.09.28
- DE 102007019830 B3, 2008.07.31
- KR 20020043680 A, 2002.06.12
- US 2006185425 A1, 2006.08.24

审查员 杨雪梅

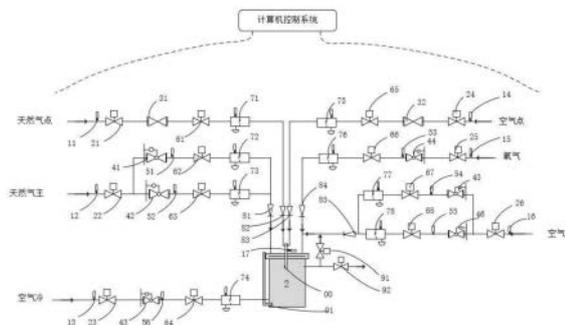
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统及构造方法

(57) 摘要

本发明属于航空航天地面试验设备技术领域,针对现有技术中存在的导致蓄热罐体结构强度下降的技术问题,本发明的目的在于提供一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统及构造方法,天然气点路和空气点路分别与点火器相连接,通过天然气点路和空气点路控制点火器点火;天然气主路、空气主路、氧气补充路分别与主燃烧器相连接,通过天然气主路和空气主路调节宽范围流量,通过氧气补充路提供高温大流量时的氧气补充;冷却空气路与冷却燃烧器相连接;通过压力传感器测量点火器总压,通过火焰检测仪检测燃烧器主火焰。本发明能够实现量程内流量无级调节的功能,避免了因加热温升过快而导致陶瓷材料损坏的可能,以及加热局部过热带来蓄热罐体结构强度下降的风险。



1. 一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,其特征在于,包括天然气点路、空气点路、天然气主路、空气主路、氧气补充路、冷却空气路、压力传感器和火焰检测仪;

所述天然气点路和空气点路分别与点火器相连接,通过天然气点路和空气点路为点火器输送定流量的天然气和空气;

所述天然气主路、空气主路、氧气补充路分别与主燃烧器相连接,通过天然气主路和空气主路调节宽范围流量,通过氧气补充路为蓄热加热器超高温工况提供氧气输入,所述天然气主路和空气主路包括多路不同流量系数的支路,根据实际需要增加或减少支路,天然气主路、空气主路均设置有输气管路、测量气源压力的传感器,测量气源压力的传感器设置在一阀前,一阀后分设多条支路管路,各支路包括调压阀组、测量阀后压力的传感器组和节流装置,通过调压阀组调节介质压力,调压阀组下游安装测量阀后压力的传感器,二阀后端连接节流装置,各支路在节流装置后汇合成一条管路,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接止回阀,止回阀下游连接燃烧器;

所述冷却空气路、空气点路与冷却燃烧器相连接;通过压力传感器测量点火器总压,通过火焰检测仪检测燃烧器主火焰;

所述节流装置与上游的调压阀配合控制单支路量程范围的流量调节,节流装置设置为基于音速喷嘴的专用装置,该装置沿气流方向依次是上游管道、稳压腔室、音速喷嘴,下游管道,腔室上设置有压力传感器和温度传感器,通过节流装置将管路流量的控制转变成腔室压力的调节,通过压力传感器和温度传感器分别测量气体压力和温度;

所述调压阀与下游压力传感器构成闭环回路,根据压力传感器数据实时调整调压阀输出值;与工质接触的阀门均设置为氮气驱动的气动阀。

2. 根据权利要求1所述一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,其特征在于,所述天然气点路和空气点路结构设置相同,且均包括输气管路、传感器、减压阀、节流装置、止回阀,所述传感器设置在一阀前,通过传感器测量气源压力;所述减压阀设置在一阀和二阀之间,二阀后端连接节流装置,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接止回阀,止回阀下游连接燃烧器。

3. 根据权利要求1所述一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,其特征在于,所述点火器设置为固定功率点火器,天然气点路和空气点路采用固定值减压阀,天然气点路和空气点路输出固定流量和压力的介质,系统通过控制开关阀实现介质输出通断。

4. 根据权利要求1所述一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,其特征在于,所述氧气补充路包括用于输气管路、调压阀g、传感器i、传感器j、节流装置g、止回阀e,测量气源压力的传感器i设置在一阀e前,调压阀g设置在一阀e和二阀f之间,调压阀g下游安装有测量阀后压力的传感器j,二阀f后连接节流装置g,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接止回阀e,止回阀e后通过三通与空气主路相连。

5. 根据权利要求1所述一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,其特征在于,所述冷却空气路包括用于输气管路、传感器k、一阀f、调压阀h、传感器l、二阀g、节流装置h、开关阀a、开关阀b、开关阀c,测量气源压力的传感器k设置在一阀f前,调压阀h设置在一阀f和二阀g之间,调压阀h下游安装有测量阀后压力的传感器l,二阀g后端连接节流装置h,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接燃烧器冷却通道进口,燃烧器冷却通道出口通过管路连接一道开关阀a,开关阀a后端通过管路排向室外;

所述冷却空气路在燃烧器冷却通道出口通过三通分为两路,一路连接一道开关阀c通向室外;另外一路通过一道开关阀b后端连接到空气主路的止回阀d与燃烧器之间。

6. 一种风洞实验蓄热加热器用工质供应构造方法,采用权利要求1-5任意一项所述一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,其特征在于,具体包括如下步骤:

(1) 根据试验要求,确定各路供气所需的流量值或范围;

(2) 根据供气体温度、气源压力、燃烧室压力确定各主路或支路的文丘里流量计通径取值范围及支路数目;

(3) 选取流量计通径,核算上游调压阀调压值或范围;

(4) 根据各支路最大流量确定管路和开关阀通径、调压阀Cv值。

7. 根据权利要求6所述一种风洞实验蓄热加热器用工质供应构造方法,其特征在于,所述步骤(2)中根据供气体温度 T_0 、气路气源压力 P_0 、燃烧室压力 P 来确定天然气点、空点文丘里流量计通径 DN ,确定天然气主路、空气主路、空冷路各分支路的数目 N 及各文丘里流量计通径 DN ,对于喉道形成声速的气体流动,符合关系式:

$$Q_m = C \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \quad (1)$$

式中, Q_m 为质量流量; C 为流出系数; P_0 为入口处绝对滞止压力; T_0 为入口处绝对滞止温度; D 为文丘里流量计的喉部直径尺寸;通过该关系式计算得到喉道直径范围。

一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统及构造方法

技术领域

[0001] 本发明属于航空航天地面试验设备技术领域,具体涉及一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统及构造方法。

背景技术

[0002] 纯净空气风洞能够提供相对洁净的高焓气体来流,是高超声速飞行器地面试验必不可少的设备,在国际上得到了广泛的认可。但由于技术难度较大,国内外研制成功的纯净空气风洞寥寥无几。其中,工质供应系统即是技术难点之一。如图1所示,蓄热加热工作过程如下:通过计算机控制系统控制工质供应系统为燃烧器的提供天然气和空气,点火器点燃天然气形成小功率的火炬,火炬引燃工质供应系统输送的主路天然气和空气形成高温火焰,其通过换热将主蓄热体加热至预设温度。开展风洞试验时,冷空气从底部进入与蓄热体换热,获得约1700K、5MPa的高温高压洁净空气。蓄热加热过程中就工质供应系统设计而言难点有二:1)对工质流量调节有严格要求。目前蓄热主体只能采用熔点可高于2000K的陶瓷材料。但陶瓷耐热冲击性能很差,对于燃烧器火焰的温度变化有严格的要求,温升太快会造成陶瓷材料开裂甚至粉碎。蓄热罐体对火焰功率变化亦有严格要求。要避免蓄热罐体内部局部过热,否则将带来蓄热罐体结构强度下降,造成不可挽回的损失。由燃烧学可知,火焰的温度和功率问题就是工质供应流量匹配问题,要求工质供应系统具备流量调节能力,调节分辨率越高越好。2)工质供应系统要具备为燃烧器提供冷却空气的能力。风洞运行充气过程中(高背压无燃烧状态),要防止蓄热体对燃烧器的内壁辐热损害;高温环境中燃烧器自身的结构冷却问题。

[0003] 鉴于上述原因,目前的技术方法是,提前准备多个口径不同的限流设备,控制前端开关阀门通断,通过不同的组合方式来实现工质流量的调节。该方法初步实现了工质流量阶梯式调节,但方法不够灵活,可调范围有限,精度无法保证,依然存在温升不合理造成陶瓷材料或设备损坏的风险,尤其是无法保证风洞试验后可根据罐体温度再次加热的能力。另外,目前蓄热燃烧器基本是水冷方案,水冷最大的风险就是一旦泄露,蓄热材料遇水将出现炸裂,冷却水遇热瞬间气化,蓄热罐内压力陡增,后果是灾难性的。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的因工质供应系统无法实现宽范围连续调节而导致的加热温升过快而导致陶瓷材料损坏,以及加热局部过热带来蓄热罐体结构强度下降的技术问题,本发明的目的在于提供一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统及构造方法。

[0005] 本发明采取的技术方案为:

[0006] 一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,包括天然气点路、空气点路、天然气主路、空气主路、氧气补充路(简称氧气路)、冷却空气路(简称空冷)、压力传感器和火焰检测仪;

[0007] 所述天然气点路、空气点路、天然气主路、空气主路、氧气补充路、冷却空气路各路

调压阀前后均设置一道截止阀,分别为各路一阀(第一道开关阀)、各路二阀(第二道开关阀);

[0008] 所述天然气点路和空气点路分别与点火器相连接,通过天然气点路和空气点路为点火器输送定流量的天然气和空气;

[0009] 所述天然气主路、空气主路、氧气补充路(简称氧气路)分别与主燃烧器相连接,通过天然气主路和空气主路调节宽范围流量,通过氧气补充路为蓄热加热器超高温工况提供氧气输入;

[0010] 所述冷却空气路与燃烧器冷却通道相连接;通过压力传感器测量点火器总压,通过火焰检测仪检测燃烧器主火焰。

[0011] 进一步的,所述天然气点路和空气点路结构设置相同,且均包括输气管路、传感器、减压阀、节流装置、止回阀,所述传感器设置在一阀前,通过传感器测量气源压力;所述减压阀设置在一阀和二阀之间,二阀后端连接节流装置,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接止回阀,止回阀下游连接燃烧器。

[0012] 更进一步的,天然气点路和空气点路结构设置相同,均包括输送工质的输气管路,所述天然气点路的测量气源压力的传感器a和传感器b分别设置在一阀a和一阀b前,减压阀a和减压阀b设置在两道截止阀之间,二阀a和二阀b后端分别连接节流装置a和节流装置b,输气管路末尾靠近燃烧器接口处分别连接止回阀a和止回阀b,止回阀a和止回阀b下游连接燃烧器。

[0013] 进一步的,所述点火器设置为固定功率点火器,天然气点路和空气点路采用固定值减压阀,天然气点路和空气点路输出固定流量和压力的介质,系统通过控制截止阀开关实现介质输出通断。

[0014] 进一步的,所述天然气主路和空气主路包括多路不同流量系数的支路,根据实际需要增加或减少支路,天然气主路、空气主路均设置有输气管路、测量气源压力的传感器,测量气源压力的传感器设置在一阀前,一阀后分设多条支路管路,各支路包括调压阀组、测量阀后压力的传感器组和节流装置,通过调压阀组调节介质压力,调压阀组下游安装测量阀后压力的传感器,二阀后端连接节流装置,各支路在节流装置后汇合成一条管路,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接止回阀,止回阀下游连接燃烧器。

[0015] 更进一步的,天然气主路、空气主路主要包括多路不同流量系数的支路。天然气主路、空气主路均包括用于输送工质的管路,测量气源压力的传感器c和传感器d设置在一阀c和一阀d前,一阀c和一阀d后分设为多条支路管路,各支路包括调节介质压力的调压阀c、调压阀d、调压阀e和调压阀f,调压阀c、调压阀d、调压阀e和调压阀f下游分别安装有测量阀后压力的传感器e、传感器f、传感器g和传感器h,二阀c、二阀d、二阀e和二阀f后分别连接节流装置c、节流装置d、节流装置e和节流装置f。各支路在节流装置后汇合成一条管路,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接止回阀c和止回阀d,止回阀c和止回阀d下游连接燃烧器。

[0016] 优选的,本发明的天然气主路、空气主路是多路不同流量系数的支路的组合,可根据实际需要增加或减少支路。该设计可灵活调整支路数量,实现宽范围的流量调节功能。

[0017] 进一步的,所述氧气补充路(简称氧气路)包括用于输气管路、调压阀g、传感器i、传感器j、节流装置g、止回阀e,测量气源压力的传感器i设置在一阀e前,调压阀g设置在一阀e和二阀f之间,调压阀g下游安装有测量阀后压力的传感器j,二阀f后连接节流装置g,输

气管路末尾靠近燃烧器接口处连接止回阀e,止回阀e后通过三通与空气主路相连。

[0018] 优选的,氧气路与空气主路位于进燃烧器前相连接,该设计目的在于延长了掺混过程,可使掺混更加均匀,提高了燃烧效率。

[0019] 进一步的,所述冷却空气路(简称空冷)包括用于输气管路、传感器k、一阀f、调压阀h、传感器l、二阀g、节流装置h、开关阀a、开关阀b、止回阀f,测量气源压力的传感器k设置在一阀f前,调压阀h设置在一阀f和二阀g之间,调压阀h下游安装有测量阀后压力的传感器l,二阀g后端连接节流装置h,输气管路末尾靠近燃烧器接口处连接燃烧器冷却通道进口,燃烧器冷却通道出口通过管路连接一道开关阀a,开关阀a后端通过管路排向室外;

[0020] 所述冷却空气路(简称空冷)在燃烧器冷却通道出口通过三通分为两路,一路连接一道开关阀c通向室外;另外一路通过一道开关阀b后端连接到空气主路的止回阀d与燃烧器之间。

[0021] 进一步的,所述节流装置与上游的调压阀配合控制单支路量程范围的流量调节,节流装置设置为基于音速喷嘴的专用装置,如图3所示,该装置沿气流方向依次是上游管道、稳压腔室、音速喷嘴,下游管道。腔室上设置有压力传感器和温度传感器,通过节流装置将管路流量的控制转变成腔室压力的调节。通过压力传感器和温度传感器分别测量气体压力和温度;该设计目的在于稳定来流压力,将不易得到气体流量转变为容易测量的压力数据和温度数据。

[0022] 进一步的,所述调压阀与下游压力传感器构成闭环回路,根据压力传感器数据实时调整调压阀输出值。该设计目的在于通过下游压力反馈实现自身压力的精确输出,进而提高管路流量调节精度。进而可在风洞试验后,根据罐内温度设定工况精确控制火焰温度,实现再次加热的能力。极大提高了试验效率,节约了资源。

[0023] 与工质接触的阀门均设置为氮气驱动的气动阀,该设计目的是为了将可燃气体和空气(或氧气)隔离,将可燃气体和电路隔离,最大限度的避免了发生危险的可能。

[0024] 一种风洞实验蓄热加热器用工质供应构造方法,采用所述一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统,具体包括如下步骤:

[0025] (1) 根据试验要求,确定各路供气所需的流量值或范围;

[0026] (2) 根据供气体温度、气源压力、燃烧室压力确定各主路或支路的文丘里流量计通径取值范围及支路数目;

[0027] (3) 选取流量计通径,核算上游调压阀调压值或范围;

[0028] (4) 根据各支路最大流量确定管路和开关阀通径、调压阀Cv值。

[0029] 进一步的,所述步骤(2)中根据供气体温度 T_0 、气路气源压力 P_0 、燃烧室压力P来确定天然气点、空点文丘里流量计通径DN,确定天然气主路、空气主路、空冷路各分支路的数目N及各文丘里流量计通径DN,对于喉道形成声速的气体流动,符合关系式:

$$[0030] \quad Q_m = C \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \quad (1)$$

[0031] 式中, Q_m 为质量流量;C为流出系数; P_0 为入口处绝对滞止压力; T_0 为入口处绝对滞止温度;D为文丘里流量计的喉部直径尺寸;通过该关系式计算得到喉道直径范围。

[0032] 本发明的有益效果为:

[0033] 本发明提供了一种风洞实验蓄热加热器用工质供应系统及构造方法,其能够实现

量程内流量无级调节的功能,避免了因加热温升过快而导致陶瓷材料损坏的可能,以及加热局部过热带来蓄热罐体结构强度下降的风险。典型工况精确控制,实现了风洞试验后根据罐体温度再次加热的能力。极大的提高了试验效率。实现了高背压无燃烧条件下为燃烧器提供流量可调的冷却用空气,避免了燃烧器受到热辐射的损害。实现了燃烧器自身结构气体冷却,提高了设备的可靠性,并且冷却气体还可继续用于主路空气参与燃烧,节省了能源。本发明原理清楚、结构简单、易于实现,具有极高的应用价值。

附图说明

- [0034] 图1为现有技术中蓄热加热器工作过程示意图;
- [0035] 图2为本发明中工质供应系统原理图;
- [0036] 图3为本发明中基于文丘里流量计的节流装置原理图;
- [0037] 图4为本发明中工质供应系统构造步骤图;
- [0038] 图5为本发明中实施例试验数据图;
- [0039] 其中,00、点火器;01、火焰检测仪;2、燃烧器;
- [0040] 11、传感器a;12、传感器c;13、传感器k;14、传感器b;15、传感器i;16、传感器d;17、总压力传感器;21、一阀a;22、一阀c;23、一阀f;24、一阀b;25、一阀e;26、一阀d;
- [0041] 31、减压阀a;32、减压阀b;
- [0042] 41、调压阀c;42、调压阀d;43、调压阀h;44、调压阀g;45、调压阀e;46、调压阀f;
- [0043] 51、传感器e;52、传感器f;53、传感器j;54、传感器g;55、传感器h;56、传感器l;
- [0044] 61、二阀a;62、二阀c;63、二阀d;64、二阀g;65、二阀b;66、二阀f;67、二阀e;68、二阀f;69、开关阀a;
- [0045] 71、节流装置a;72、节流装置c;73、节流装置d;74、节流装置h;75、节流装置b;76、节流装置g;77、节流装置e;78、节流装置f;701、上游管道;702、稳压腔室;703、音速喷嘴;704、下游管道;705、压力传感器;706、温度传感器;
- [0046] 81、止回阀c;82、止回阀a;83、止回阀b;84、止回阀e;85、止回阀d;
- [0047] 91、开关阀b;92、开关阀c;

具体实施方式

[0048] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0049] 实施例1

[0050] 如图2所示,根据风洞试验要求,该蓄热加热器需要提供温度1200K-1600K,流量最大10kg/s的高温高压气流,为实现技术要求选用氧化铝作为多孔蓄热陶瓷材料。为均匀加热和换热,蓄热陶瓷的采用圆孔多层同心布置方案。蓄热主体材料采用堆积体积为直径0.8米,高5米。由于氧化铝的耐冷热激变属性,要求每小时温升不得超过80℃。实施例的燃烧器2工作时为常压燃烧,即燃烧压力为0.1MPa。风洞试验时,蓄热罐内充装空气时最高压力为5MPa,即高背压无燃烧状态时承压不低于5MPa,此时需要冷却空气100g/s燃烧器2功率约600kW,无级可调大比率(10:1)变功率情况下火焰的稳定燃烧。结合实施例具体说明如下:

[0051] 本实施例包括用于点火器00的天然气管路和空气管路;用于主燃烧器2的可宽范围流量调节的天然气管路、空气管路(简称空气管路),用于冷却燃烧器2本体的冷却空气路

(简称空冷),用于高温大流量时的氧气补充路(简称氧气路)。还包括用于测量点火器总压的总压力传感器17,用于检测燃烧器2主火焰的火焰检测仪01,以及基于PLC的控制系统。

[0052] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图2所示,本实施例的天然气的点路和空气点路结构相同。

[0053] 所述天然气的点路包括输送工质的输气管路,测量气源压力的传感器a11设置在一阀a21前,减压阀a31设置在一阀a21和二阀a61组成的两道开关阀之间,二阀a61后端连接节流装置a71,输气管路末尾靠近燃烧器2接口处分别连接止回阀a82,止回阀a82下游连接燃烧器2。

[0054] 所述空气点路包括输送工质的输气管路,测量气源压力的传感器b14设置在一阀b24前,减压阀b32设置在两道开关阀之间,二阀b65后端连接节流装置b75,输气管路末尾靠近燃烧器2接口处连接止回阀b83,止回阀b83下游连接燃烧器2。

[0055] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图2所示,本实施例所涉及的点火器为固定功率点火器,天然气的点路和空点路只需输出固定流量和压力的介质,因此天然气的点路和空点路设计为固定值减压阀,计算机控制系统通过控制截止阀开关实现介质输出通断。这样做的好处在于减少了控制环,简化了结构,提高了系统可靠性,降低了成本。

[0056] 本发明的又一实施例,如图2所示,本实施例的天然气的点路包括两路不同流量系数的支路,天然气的点路包括用于输送工质的管路,测量气源压力的传感器c12设置在一阀c22前,第一之路和第二之路呈并连接,一阀c22后分为2条支路管路;

[0057] 第一支路包括调压阀c41、传感器e51、二阀c62、节流装置c72,调节介质压力的调压阀c41下游安装有测量阀后压力的传感器e51,二阀c62后连接节流装置c72;

[0058] 第二支路包括调压阀d42、传感器f52、二阀d63、节流装置d73,调节介质压力的调压阀d42下游安装有测量阀后压力的传感器f52,二阀d63后连接节流装置d73。

[0059] 第一支路和第二支路在节流装置c72和节流装置d73后汇合成一条管路,输气管路末尾靠近燃烧器2接口处连接止回阀c81,止回阀c81下游连接燃烧器2。

[0060] 如图2所示,本实施例的空气点路主要包括多路不同流量系数的支路,空气点路包括用于输送工质的输气管路,测量气源压力的传感器d16设置在一阀d26前,一阀d26后分为2条支路管路;

[0061] 第一支路包括调节介质压力的调压阀e45,调压阀e45下游分别安装有测量阀后压力的传感器g54,二阀e67后连接节流装置e77;

[0062] 第二支路包括调节介质压力的调压阀f46,调压阀f46下游安装有测量阀后压力的传感器h55,二阀f68后连接节流装置f78;

[0063] 第一支路和第二支路在节流装置e77和节流装置f78后汇合成一条管路,输气管路末尾靠近燃烧器2接口处连接止回阀d85,止回阀d85下游连接燃烧器2。

[0064] 进一步的,本发明的天然气的点路、空气点路是多路不同流量系数的支路的组合,可根据实际需要增加或减少支路。这样做的好处在于,可灵活调整支路数量,实现宽范围的流量调节功能。

[0065] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图2所示,本发明的氧气路包括用于输送工质的输气管路,测量气源压力的传感器i15设置在一阀e25前,调压阀g44设置在一阀e25和二阀f66组成的两道开关阀之间,调压阀g44下游安装有测量阀后压力的传感器j53,

二阀f66后连接节流装置g76,输气管路末尾靠近燃烧器2接口处连接止回阀e84,止回阀e84后通过三通与空气主路相连。

[0066] 进一步的,氧气路与空气主路位于进燃烧器2前相连接,这样做的好处在于延长了掺混过程,可使掺混更加均匀,提高了燃烧效率。

[0067] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图2所示,本发明的空冷路包括用于输送工质的输气管路,用于测量气源压力的传感器k13设置在一阀f23前,调压阀h43设置在一阀f23和二阀g64组成的两道开关阀之间,调压阀h43下游安装有测量阀后压力的传感器156,二阀g64后连接节流装置h74,输气管路直接连接燃烧器2冷却通道进口,燃烧器2冷却通道出口通过管路一阀a69,开关阀a69后通过管路排向室外。

[0068] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图2所示,本发明空冷路在燃烧器2冷却通道出口通过三通分为两路,一路连接一道开关阀c92通向室外;另外一路通过一道开关阀b91后连接到空气主路止回阀d85与燃烧器2之间。空冷路用于冷却燃烧器2的空气可通过上述结构再次为空主提供大流量空气。这样做的好处在于,为空气主路提供了大流量的空气,实现空冷路空气的再利用,节省了能源;有效减少了空气主路分支,简化了结构,提高了系统可靠性,降低了成本。

[0069] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,本发明所用的节流装置设置为基于音速喷嘴的专用装置,如图3所示,该装置沿气流方向依次是上游管道701、稳压腔室702、音速喷嘴703,下游管道704。稳压腔室702上集成了可以测量气体压力和温度的压力传感器705和温度传感器706。这个结构的好处在于稳定来流压力,提高音速喷嘴的流量控制精度。另外,通过该装置将管路流量的调节转变成腔室压力的调节。其与上游的调压阀配合可实现单支路量程范围的流量调节。

[0070] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图2所示,本发明所用调压阀与下游压力传感器构成闭环回路,可根据压力传感器数据实时调整调压阀输出值。这样做的好处在于通过下游压力反馈实现自身压力的精确输出,进而提高管路流量调节精度。进而可在风洞试验后,根据罐内温度设定工况精确控制火焰温度,实现再次加热的能力。极大提高了试验效率,节约了资源。

[0071] 进一步的,本发明与工质接触的阀门全部设置为氮气驱动的气动阀,这样做的好处在于是为了将可燃气体和空气(或氧气)隔离,将可燃气体和电路隔离,最大限度的避免了发生危险的可能。

[0072] 在实施例1的基础上,本发明的又一实施例,如图4所示,本发明还包括工质供给系统的构造方法,下面通过具体实例介绍:

[0073] 1) 开始

[0074] 2) 确定各路供气所需的流量值 Q 或范围 $Q_{\min} - Q_{\max}$;

[0075] 本实施例需要满足的空气、天然气、氧气的流量参数:

[0076]	流量范围(g/s)	空气点	天然气点	空气主		空气冷	二次天然气	氧气
				常压	高背压			
		25	1.5	25~350	100	100~400	1.5~17	10~25

[0077] 3) 确定各路(支路)文丘里流量计通径和分支数目

[0078] 根据供气体温度 T_0 、气路气源压力 P_0 、燃烧室压力 P 来确定天然气点、空点文丘里流量计通径 DN ,确定天然气主路、空气主路、空冷路各分支路的数目 N 及各文丘里流量计通径 DN 。

[0079] 实施例可以提供的上游气源的压力

[0080]		空气	天然气	氧气
	上游气源压力	18-18.5MPa	2.0-2.1MPa	13-13.5MPa

[0081] 众所周知,气体具有一个重要特征,即通过变截面管道可以加速,使得喉道处(即管道截面最小处)形成音速,流动特征如图3所示。对于喉道形成声速的气体流动,其流量、总温、总压和喉道直径有确定关系式:

$$[0082] \quad Q_m = C \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \quad (1)$$

[0083] 式中, Q_m 为质量流量,kg/s; C 为流出系数; P_0 为入口处绝对滞止压力,Pa; T_0 为入口处绝对滞止温度,K; D 文丘里流量计的喉部直径尺寸,m;

[0084] 计算中, C 可查气体物性获得。由实施例提供的流量需求, T_0 选取室温300K, P_0 或 P_n 按上述压力选取。由上述关系式可得到一个满足条件的喉道直径范围如下:

[0085] 空点路流量计喉道可选范围:0.94mm-2.63mm;天然气点路流量计喉道可选范围:2.4mm-5.6mm;氧气路流量计喉道可选范围0.98mm-1.16mm;空气主路一路不能满足流量要求,经迭代计算,可分为两条支路:流量计可选范围分别为0.86mm-2.14mm和0.86mm-2.14mm;空冷路氧气路流量计喉道可选范围1.72mm-4.36mm。

[0086] 4) 选取流量计,核算上游调压值

[0087] 根据各支路上游气源压力、文丘里流量计通径 DN 、所需流量范围 Q_0-Q_n 确定调压阀调压范围 P_0-P_n 。

[0088] 考虑到加工工艺和喉道测量的方便,喉道直径尽量选取整数值,然后带入关系式核算上游压力是否能够满足条件:

$$[0089] \quad P_0 = \sqrt{T_0} \cdot \frac{Q_m}{C} \cdot \frac{4}{\pi \cdot D^2} \quad (2)$$

[0090] 该关系式是根据流体力学模型、连续性方程、伯努利方程,ISO9300给出了临界流文丘里管质量流量计算公式:

$$[0091] \quad Q_m = \frac{A^* \cdot CC^* \cdot P_0}{\sqrt{(R/M)T_0}} \quad (3)$$

[0092] 推导而来,并用风洞试验习惯长度、质量、压力单位折算国际单位其中,在不影响计算精度的前提下,方便了计算,可快速准确的得到结果。

[0093] 空点流量计喉道选取2mm,流量为25g/s时,固定减压阀为3.45MPa;天然气点路流量计喉道设为2mm,流量为1.5g/s时,固定减压阀为1.40MPa;氧气路流量计喉道设为1.1mm,流量为10g/s-25g/s时,调压阀压力调节范围为2.17MPa-10.08MPa;空主1路流量计喉道设为2mm,流量为25g/s-120g/s时,调压阀调节范围为3.45MPa-16.4MPa;空主2路流量计喉道设为4mm,流量为120g/s-350g/s时,调压阀调节范围为4.13MPa-12.04MPa;空冷路流量计喉道设为4mm,流量为100g/s-400g/s时,调压阀调节范围为3.44MPa-13.76MPa;天然气1路流量计喉道设为5mm,流量为1.5g/s-6g/s时,调压阀调节范围为0.5MPa-2MPa;天然气2路流量计喉道设为10mm,流量为6g/s-20g/s时,调压阀调节范围为0.5MPa-1.67MPa。整理如下表:

工质名称	喉道取值 (mm)	流量 (g/s)	调压 (MPa)
空点	2	25	3.45
天然气点	2	1.5	1.40
空主 1	2	25-120	3.45-16.4
空主 2	4	120 -350	4.13-12.04
空冷	4	100-400	3.44-13.76
天然气主 1	5	1.5-6	0.5-2
天然气主 2	10	6 -20	0.5-1.67
氧气	1.1	10 -25	2.17-10.08

[0094] 5) 确定各路管路通径和调压阀Cv值

[0096] 根据各路(支路)最大流量及国标中确定的各种气体相关流速确定管路和开关阀通径、调压阀Cv值、压力传感器量程等。

[0097] 在温度不变的情况下,由理想气体方程可得到关系式

$$[0098] \quad \rho = \frac{M * P}{22.4 * 0.1} \quad (3)$$

[0099] 该关系式是由理想气体方程推导而来,并用风洞试验习惯长度、质量、压力单位折算国际单位其中,在不影响计算结果的前提下,方便了计算,可快速准确的得到结果。

[0100] 式中, ρ 是气体密度, kg/m^3 ;M是气体摩尔质量, mol ;P是气体压力,MPa;22.4理想气体摩尔体积,L;0.1是标况下气体压力,MPa。由上述关系式可以获得不同压力下的气体密度,将获得的密度带入流速和流量的关系式:

$$[0101] \quad D = 2 \sqrt{\frac{Q_m}{\pi \cdot v \cdot \rho}} \quad (4)$$

[0102] 式中,D是管道直径,m; Q_m 是气体流量, kg/s ;v是气体流速, m/s ; ρ 是气体密度, $\text{kg}/$

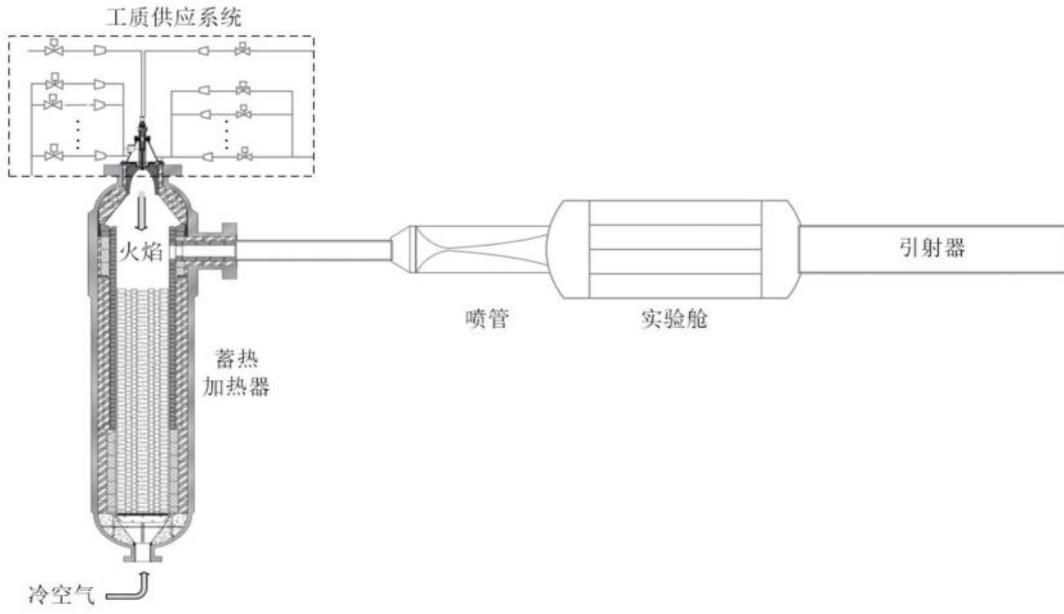


图1

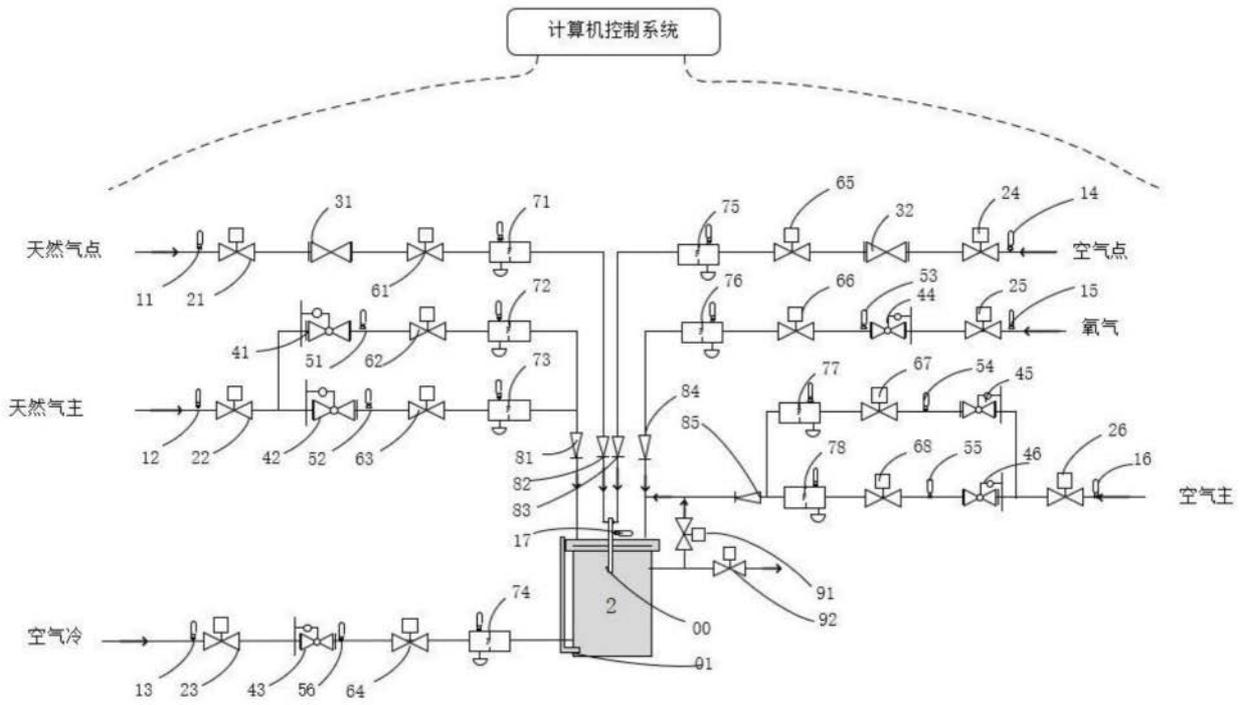


图2

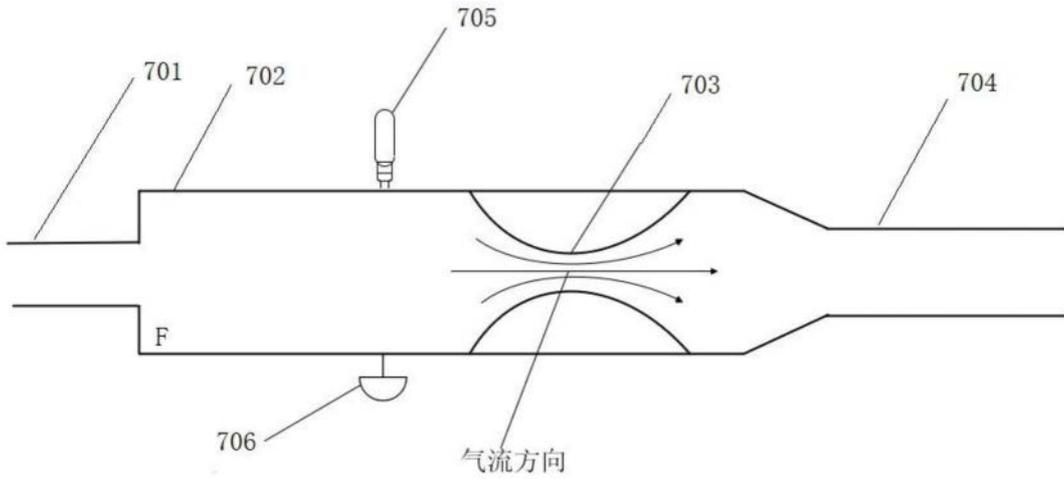


图3

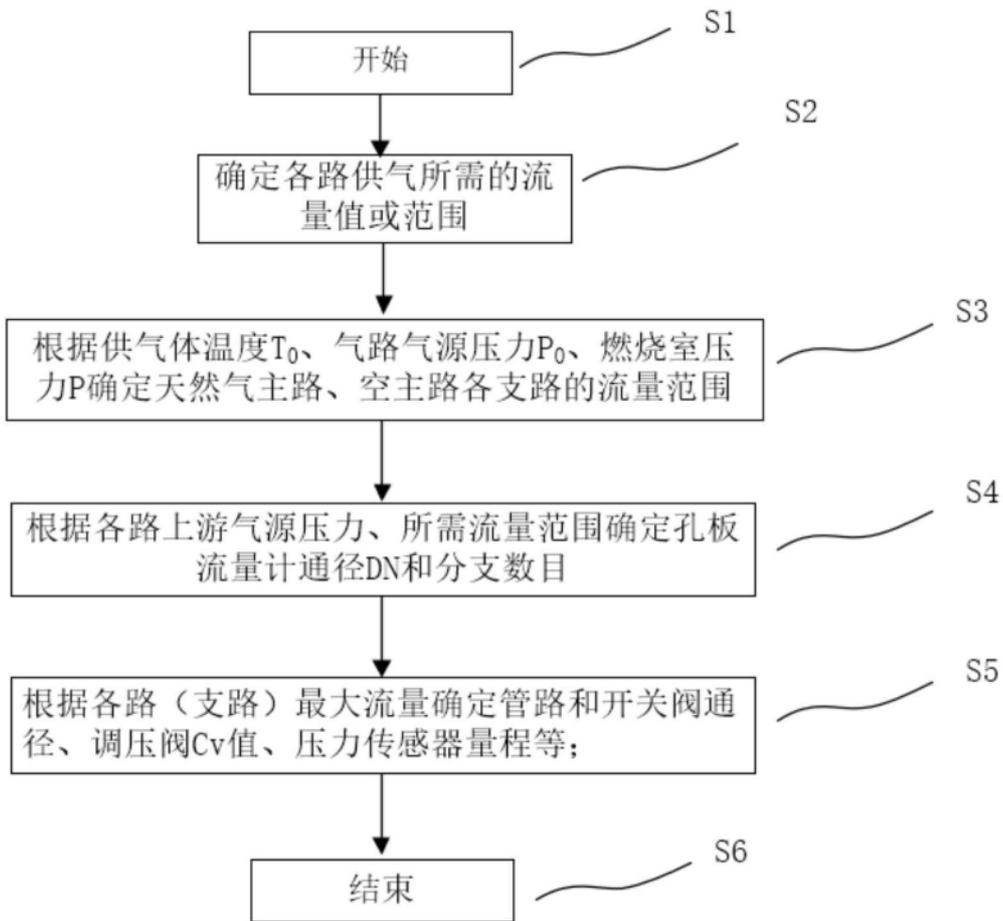


图4

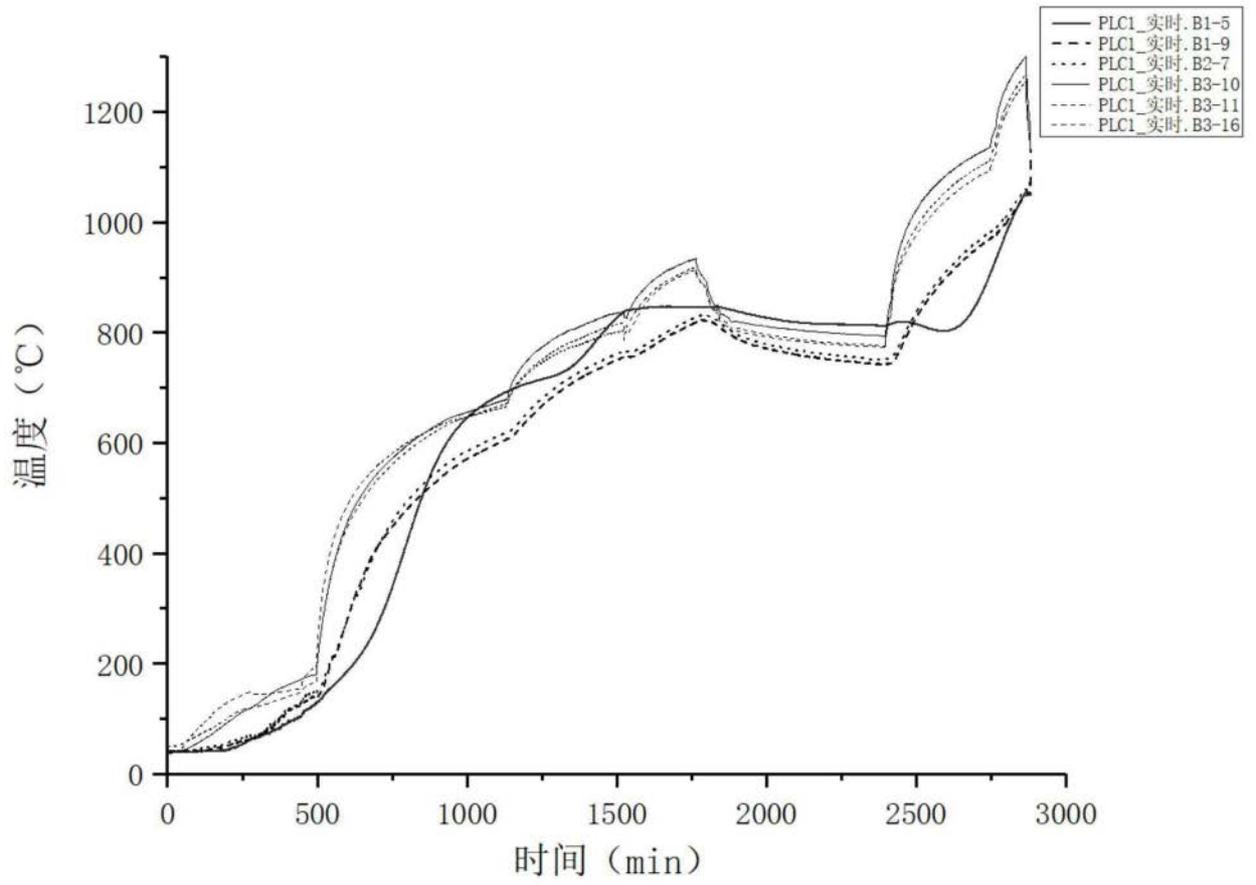


图5