



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101727108 A

(43) 申请公布日 2010.06.09

(21) 申请号 200810225334.3

(22) 申请日 2008.10.30

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 蔡国飙 孙威 方杰 杜正刚

张国舟

(51) Int. Cl.

G05D 7/01 (2006.01)

G05D 7/06 (2006.01)

F24H 1/20 (2006.01)

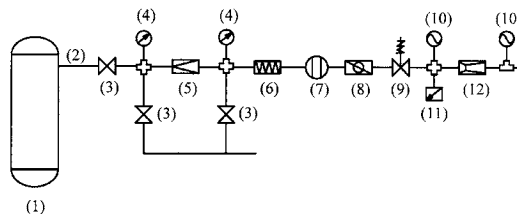
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种小流量气体控制装置及使用方法

(57) 摘要

一种小流量气体控制装置,其特征在于:气瓶出口通过管路依次连接与手动阀门、减压器、换热器组件、过滤器、质量流量计、电磁阀、音速喷嘴组件,减压器出入口分别引出支线管路连接压力表及手动阀门,音速喷嘴组件之前管路中连入温度传感器及压力传感器,音速喷嘴组件之后管路中连入压力传感器。通过调节音速喷嘴前的压力或更换不同喉径的音速喷嘴,可分别在不同范围内实现流量控制;利用音速喷嘴工作特性可实现气体流量稳定供给;利用换热器对来流中含有的少量液体进行气化,可消除两相流影响。该装置既能够实现纯气相条件下准确、稳定的微小流量控制要求,又能够适应来流中含有少量液滴的条件下的小流量控制要求,而且能在较高压力条件下工作。



1. 一种小流量气体控制装置,包括:气瓶(1)、管路(2)、手动阀门(3)、压力表(4)、减压器(5)、过滤器(7)、质量流量计(8)、电磁阀(9)、压力传感器(10)、温度传感器(11)。其特征在于:还包括换热器组件(6)和音速喷嘴组件(12);气瓶(1)出口通过管路(2)依次连接与手动阀门(3)、减压器(5)、换热器组件(6)、过滤器(7)、质量流量计(8)、电磁阀(9)、音速喷嘴组件(12),减压器(5)出入口分别引出支线管路连接压力表(4)及手动阀门(3),两手动阀门后连接放气管路,音速喷嘴组件(12)之前管路中连入压力传感器(10)及温度传感器(11),音速喷嘴组件(12)之后管路中连入压力传感器(10)。

2. 根据权利要求1所述的一种小流量气体控制装置,其特征是:换热器组件由贮水箱、箱盖、可拆换螺旋形紫铜管、电加热管组成、水阀,电加热管位于水箱底部,螺旋形紫铜管位于水箱中部,水箱外壁低位安装有水阀,螺旋形紫铜管通过管路固定于箱盖上并在箱盖外侧留有出入接口,箱盖上留有活门。

3. 根据权利要求1所述的一种小流量气体控制装置,其特征是:音速喷嘴组件由接管嘴、外套螺母、垫片、音速喷嘴、连接套管组成。音速喷嘴采用固定式收敛结构,装卡于连接套管内。利用外套螺母将接管嘴及连接套管紧固,音速喷嘴与接管嘴及连接套管间安装垫片。

4. 一种用于权利要求1所述的装置控制流量的方法,该方法的操作步骤如下:

第一步,流量控制操作前先确保换热器处于正常工作状态;

第二步:确定初调压力大小;

第三步:根据控制流量要求、初调压力值及气体初温值确定音速喷嘴喉部尺寸;

第四步:安装音速喷嘴;

第五步:初调压力;

第六步:细调压力。

一种小流量气体控制装置及使用方法

【技术领域】

[0001] 本发明涉及一种小流量气体控制装置,尤其是能在下游压力波动的条件下对纯气相或气源中含少量液体的两相流气体流量进行准确控制。

【背景技术】

[0002] 在开展航天用微小推进器地面试验时时常需要在下游压力波动的条件下实现微小质量流量气体推进剂的稳定供给。常用的流量控制阀主要通过调节节流面积的方式来控制流量,此种方式在节流面积较大时往往不容易对微小流量进行准确的调节,在节流面积较小时又往往有工作压力的限制;而且流量控制阀门不能隔断下游压力变化的影响,下游压力的波动会导致流量变化。另一种通过节流孔板来控制流量的方式可以解决纯气相条件下精确供给微小气体流量的要求,例如专利 CN1445630A、CN1461429A 及 CN2610376Y 中所述的流量控制方式,但此类控制装置通常工作于亚临界状态,主要依靠孔板前后压差来控制流量,同样无法隔断下游压力变化的影响。专利 CN1236449 中采用控制临界压比的方式使节流孔板工作在超临界状态,可以通过控制入口压力来调节流量,但此种装置的设计及使用并没有考虑下游压力波动的影响。另外,上述三种常用气体流量控制方式在遇到来流气体中含有少量液滴的情况时控制精度都将大大降低,因此均无法适应气源为液化气时的流量控制要求。

【发明内容】

[0003] 为了克服现有气体流量控制方式在应用于微小流量控制及来流含少量液体条件下流量控制时的不足并且保证下游压力波动时仍能提供稳定的流量供给,本发明提供了一种小流量气体控制装置,该装置既能够实现纯气相条件下微小流量控制要求,又能够适应气中含有少量液滴的气源条件下的小流量控制要求,而且能在下游压力波动的条件下提供稳定的流量供给。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种小流量气体控制装置,包括气瓶、管路、手动阀门、减压器、压力表、换热器组件、过滤器、质量流量计、温度传感器、压力传感器、电控阀门、音速喷嘴组件。气瓶出口通过管路依次连接手动阀门、减压器、换热器组件、过滤器、质量流量计、电控阀门、音速喷嘴组件,减压器出入口分别通过支线管路连接压力表及手动阀门,两手动阀门后再连接排气管路,音速喷嘴组件之前管路中连入温度传感器及压力传感器,音速喷嘴组件之后管路中连入压力传感器。

[0005] 换热器组件由贮水箱、箱盖、可拆换螺旋形紫铜管、电加热管组成、水阀,电加热管位于水箱底部,螺旋形紫铜管位于水箱中部,水箱外壁低位安装有水阀,螺旋形紫铜管通过管路固定于箱盖上并在箱盖外侧留有出入接口,箱盖上留有活门。

[0006] 音速喷嘴组件由接管嘴、外套螺母、垫片、音速喷嘴、连接套管组成。音速喷嘴采用固定式收敛结构,装卡于连接套管内。利用外套螺母将接管嘴及连接套管紧固,音速喷嘴与接管嘴及连接套管间安装垫片。

- [0007] 利用上述控制装置调节小流量气流流量的操作步骤如下：
- [0008] 第一步,流量控制操作前先确保换热器处于正常工作状态；
- [0009] 第二步:确定初调压力大小；
- [0010] 第三步:根据控制流量要求、初调压力值及气体初温值确定音速喷嘴喉部尺寸；
- [0011] 第四步:安装音速喷嘴；
- [0012] 第五步:初调压力；
- [0013] 第六步:细调压力。
- [0014] 通过减压器调节音速喷嘴前的压力,可在较小范围内调节音速喷嘴的流量;并可通过更换不同喉径的音速喷嘴实现较大范围内流量的控制;通过控制音速喷嘴前的压力使音速喷嘴工作在超临界状态,利用音速流下游变化不能影响上游的特性可以隔绝下游压力波动的影响从而实现流量的稳定供给;管路中连接的换热器可以对气中含有的少量液体进行气化,从而保证音速喷嘴入口处为纯气相;所采用的音速喷嘴是固定收敛式结构,可以耐受较高的压力并且易于加工。
- [0015] 本发明的有益效果是,不但可以实现纯气相条件下微小气体流量的准确控制,也同样适应于来流中含有少量液滴的情况,而且能在下游压力波动的条件下提供稳定的流量供给。与现有气体流量控制技术相比原理易懂、结构简单、操作方便,不仅适应航天微推进器地面试验的需要,还可以推广至其它具有类似流量控制要求的行业。

【附图说明】

- [0016] 下面结合附图对本发明进行进一步说明。
- [0017] 图 1 是本发明的结构组成示意图。
- [0018] 图中标号分别代表:(1) 气瓶,(2) 管路,(3) 手动阀门,(4) 压力表,(5) 减压器,(6) 换热器组件,(7) 过滤器,(8) 质量流量计,(9) 电磁阀,(10) 压力传感器,(11) 温度传感器,(12) 音速喷嘴组件。
- [0019] 图 2 是本发明中的换热器组件示意图。
- [0020] 图中标号分别代表:1. 贮水箱,2. 水箱盖,3. 螺旋形紫铜管,4. 水,5. 水阀,6. 电加热管。
- [0021] 图 3 是本发明中的音速喷嘴组件装配图。
- [0022] 图中标号分别代表:1. 接管嘴,2. 外套螺母,3. 垫片,4. 音速喷嘴,5. 连接套管。

【具体实施方式】

- [0023] 下面结合附图来进一步说明本发明。
- [0024] 图 1 所示是本发明涉及的一种小流量气体控制装置,包括(1) 气瓶、(2) 管路、(3) 手动阀门、(4) 压力表、(5) 减压器、(6) 换热器组件、(7) 过滤器、(8) 质量流量计、(9) 电磁阀、(10) 压力传感器、(11) 温度传感器、(12) 音速喷嘴组件。气瓶出口通过管路依次连接手动阀门、减压器、换热器组件、过滤器、质量流量计、电控阀门、音速喷嘴组件,减压器出入口分别通过支线管路连接压力表及手动阀门,音速喷嘴组件之前管路中连入温度传感器及压力传感器,音速喷嘴组件之后管路中连入压力传感器。实现流量控制的具体步骤如下：
- [0025] 第一步,流量控制操作前先确保换热器处于正常工作状态；

[0026] 图 2 是本发明中的换热器组件示意图,主体部分为带有盖板的贮水箱及水箱中部的螺旋形紫铜管,螺旋形紫铜管固定于箱盖上并在箱盖外侧留有出入接口,在贮水箱底部位置安装有电热管及排水阀。开展流量控制操作前可通过电热管加热或直接注入热水的方式为贮箱贮存热水,通过预留在箱盖外的接口可与来流管路对接,来流流经已浸入热水中的紫铜管时可以实现与外部热水环境的换热,螺旋形的铜管可增加换热管路的长度从而强化换热作用。

[0027] 第二步:确定初调压力大小;

[0028] 设音速喷嘴下游压力是 p , 压力波动范围是 Δp , 则压力波动峰值 p_{\max} 等于 $(p + \Delta p)$ 。根据收敛喷嘴超临界流动状态的要求,需要确保音速喷嘴之后与之前的压力比低于临界压力比,临界压力比的计算公式如下:

$$[0029] \quad \beta_{cr} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

[0030] 其中, β_{cr} 为临界压力比, k 为预调节气体的比热比。初始压力 p_0 根据下式确定:

$$[0031] \quad p_0 = \beta_{cr} \cdot p_{\max}$$

[0032] 第三步:根据控制流量要求、初调压力值及气体初温值确定音速喷嘴喉部尺寸;

[0033] 根据质量流量要求、初始压力 p_0 及由温度传感器所测量得到的气体初温值 T_0 , 利用下式确定音速喷嘴喉部尺寸:

$$[0034] \quad A_t = \frac{\dot{m} \sqrt{T_0}}{E p_0}$$

$$[0035] \quad \text{其中, } E = \sqrt{\frac{k}{R} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

[0036] A_t 为音速喷嘴喉部面积, \dot{m} 为预调节质量流量, k 为预调节气体的比热比, R 为气体常数。

[0037] 第四步:安装音速喷嘴;

[0038] 图 3 是本发明中的音速喷嘴组件装配图,音速喷嘴组件由接管嘴、外套螺母、垫片、音速喷嘴、连接套管组成,音速喷嘴装卡于连接套管内,通过外套螺母将接管嘴及连接套管紧固,音速喷嘴与接管嘴及连接套管间安装垫片确保密封。工作时主要通过音速喷嘴的节流作用来控制流量,通过调节音速喷嘴前的压力可在小范围内调节流量并控制音速喷嘴工作在超临界状态,此时音速喷嘴喉部速度达到音速可以隔绝下游压力波动对上游的影响。通过更换不同尺寸的音速喷嘴可以控制流量在较大范围内的变化。

[0039] 第五步:初调压力;

[0040] 先打开气瓶出口手动阀门并初调减压器后压力至初始设计压力 p_0 , 调压时可通过压力表观察减压器后压力变化情况。压力调节完毕后通电打开电磁阀,由于音速喷嘴的存在管路中会迅速建立起稳定流量,此流量可以通过质量流量计测量得到,通过设置于音速喷嘴前后的压力传感器可以获得喷嘴前后压强比从而确定音速喷嘴是否工作在超临界状态。

[0041] 第六步:细调压力。

[0042] 若实际流量偏离设计流量较小,可通过重新调压的方式来将流量微调至所需流量值;若实际流量偏离设计流量较大,则可通过更换不同尺寸音速喷嘴来大范围的调节流量。

[0043] 此装置中电磁阀、压力传感器及质量流量计均可通过计算机控制或采集数据,泄流时可实现远程控制及监测。

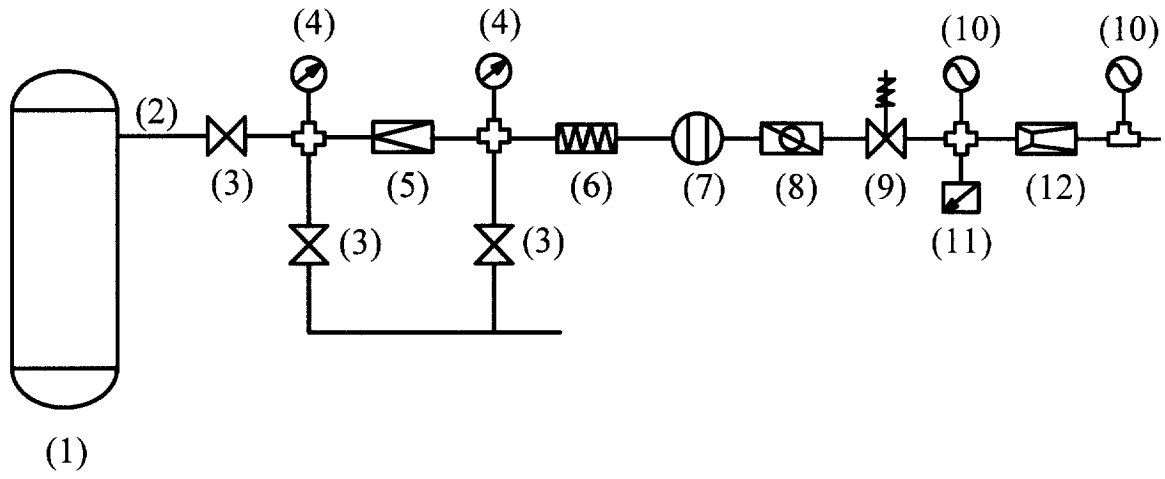


图 1

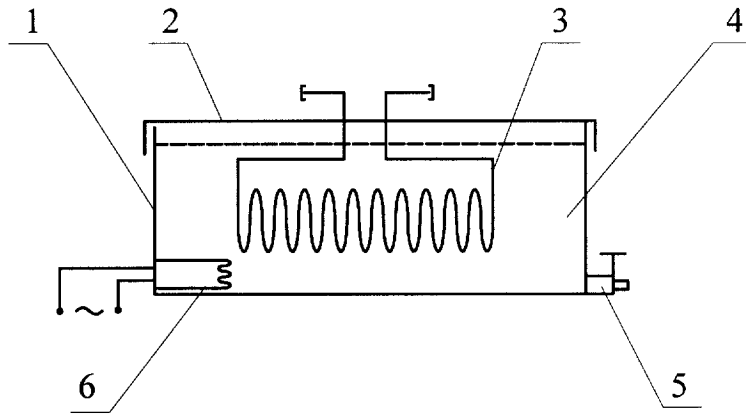


图 2

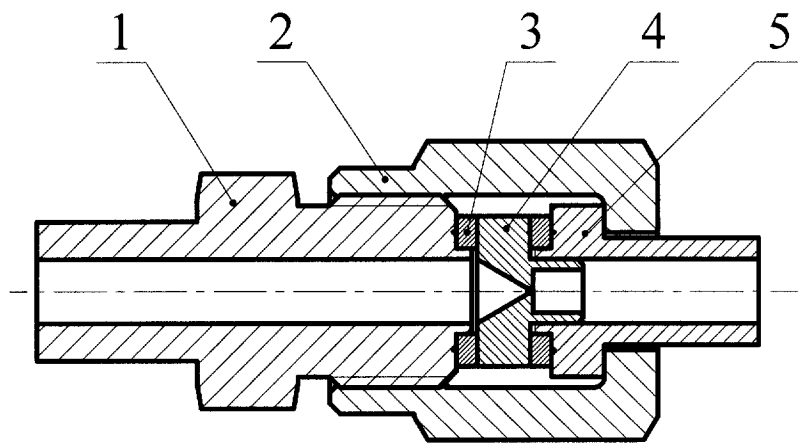


图 3