



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103365306 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201310268618. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 06. 28

G05D 7/06 (2006. 01)

G01M 9/02 (2006. 01)

(71) 申请人 中国空气动力研究与发展中心高速空气动力研究所

地址 621000 四川省绵阳市 211 信箱

(72) 发明人 周洪 杜宁 李建强 林俊 郭旦平 郑晓东 龙秀虹 马永一 蒋婧妍 易凡 张林 马上 芮伟 范长海 师建元 毛代勇 郁文山 周波 马磊 李多

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214

代理人 詹永斌 钱成岑

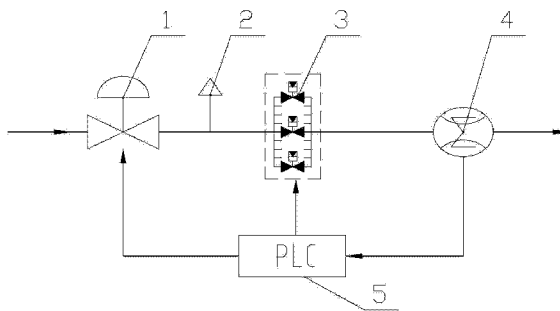
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置及方法

(57) 摘要

本发明提供一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置及方法,属于空气动力学风洞试验技术领域,该装置包括气动调节阀、压力变送器、流量调节组合单元、质量流量计和 PLC 控制器,该方法基于空气体积的变化情况,采取了数字式控制质量流量的策略,对空气体积的变化采取了模糊控制的方式;利用 PLC 控制器对流量调节组合单元进行数字式控制,先在流量调节组合单元前后分别设置了压力变送器和质量流量计,用来监测和采集流量调节组合单元入口的压力与输出的实际流量,并与理论流量进行对比求差值,通过 PLC 控制器控制气动调节阀和流量调节组合单元使流量最终达到所需值,它实现了风洞特种试验中对压缩空气流量的精确控制。



1. 一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,设置在风洞进气管路上,其特征在于,该装置包括气动调节阀、压力变送器、流量调节组合单元、质量流量计和 PLC 控制器,所述气动调节阀的出气口通过管路与流量调节组合单元的进气口连接,所述压力变送器设置在气动调节阀的出气口与流量调节组合单元的进气口之间的管路上,所述质量流量计设置在流量调节组合单元的出气口上,所述压力变送器和质量流量计的信号输出端均与 PLC 控制器连接,PLC 控制器的输出端分别连接气动调节阀和流量调节组合单元。

2. 根据权利要求 1 所述的一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,其特征在于,所述的流量调节组合单元包括前集气室、数字式电磁阀、标准流量喷嘴和后集气室,所述前集气室的出气口设有一个,该出气口依次连接数字式电磁阀、标准流量喷嘴后,再与后集气室连接,所述的数字式电磁阀与 PLC 控制器连接。

3. 根据权利要求 1 所述的一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,其特征在于,所述的流量调节组合单元包括前集气室、数字式电磁阀、喷嘴面积按公比为 2 的等比数列设置的多个标准流量喷嘴和后集气室,所述前集气室的出气口设有多个,各出气口依次连接一个数字式电磁阀、一个标准流量喷嘴后,再与后集气室连接,所述的数字式电磁阀与 PLC 控制器连接。

4. 根据权利要求 3 所述的一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,其特征在于,所述的前集气室的出气口设有 2 ~ 20 个。

5. 根据权利要求 4 所述的一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,其特征在于,所述的前集气室的出气口设有 10 个。

6. 根据权利要求 2 或 3 所述的一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,其特征在于,所述的数字式电磁阀为高压型开关式阀门。

7. 根据权利要求 1 所述的一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,其特征在于,所述的质量流量计为槽式质量流量计,用于测量流量调节组合单元的实际输出流量。

8. 一种如权利要求 1 所述装置的调节方法,其特征在于,该方法包括:

(1) 设定流量调节组合单元的输入空气压力给定值和输出空气流量给定值;

(2) PLC 控制器实时接收压力变送器采集的实际输入空气压力值,并与输入空气压力给定值进行比较,求出偏差值,然后根据该偏差值发出指令给气动控制阀进行反馈控制,消除偏差值;

(3) PLC 控制器实时接收质量流量计采集的实际输出空气流量值,并与输出空气流量给定值进行比较,求出偏差值,然后根据该偏差值发出指令给流量调节组合单元进行反馈控制,消除偏差值。

9. 根据权利要求 8 所述的一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节方法,其特征在于,步骤(1)中的输出空气流量给定值是根据公式  $\dot{m} = 0.040418 \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} A$  计算得出;公式中  $\dot{m}$  为输出空气流量给定值,单位 kg;  $P_0$  为输入空气压力给定值,单位 MPa;  $T_0$  为介质温度,单位 K, A 为标准流量喷嘴的流通面积,单位 mm。

## 一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于空气动力学风洞试验技术领域,具体涉及一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置及方法。该装置及方法适用于高速风洞试验中对空气流量范围较大、精度要求较高的特种试验项目。

### 背景技术

[0002] 风洞试验中对输入的空气压力控制要求极高,在常规的高速风洞试验中通常采用调压阀控制风洞稳定段的压力,其控制的关键部件是风洞进气管路上的调压阀,其阀门性能的好坏及控制策略的采用是影响风洞试验数据质量的两大重要因素。

[0003] 目前,在国内高速风洞常规试验中,对输入空气的控制阀门通常采用是环状缝隙式调压阀或针式调节阀,其控制方式一般采用稳定段压力控制或阀芯位移控制两种方式。而对于高速风洞特种试验输入空气的控制阀门主要以气动调节阀或电动调节阀为主,其控制方式为对阀后的压力进行控制,该控制方式的主要缺点:由于调节阀自身精度一般,其对流量范围及精度无法达到较高的水平,通常压力精度最高达到 1%,由此,对其试验数据只能进行定性分析,而无法做到定量分析。在高速风洞特种试验中对输入空气流量进行定量控制及分析方面,国内基本属于空白,国外是近 20 年来才开始该项研究工作。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于:针对现有技术存在的问题,提供一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置及方法,改变了目前国内高速风洞特种试验只能采用气动调节阀或电动调节阀的现象,解决了试验数据只能定性分析而无法定量分析问题。

[0005] 本发明的发明目的通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,设置在风洞进气管路上,其特征在于,该装置包括气动调节阀、压力变送器、流量调节组合单元、质量流量计和 PLC 控制器,所述气动调节阀的出气口通过管路与流量调节组合单元的进气口连接,所述压力变送器设置在气动调节阀的出气口与流量调节组合单元的进气口之间的管路上,所述质量流量计设置在流量调节组合单元的出气口上,所述压力变送器和质量流量计的信号输出端均与 PLC 控制器连接,PLC 控制器的输出端分别连接气动调节阀和流量调节组合单元。

[0007] 优选的,所述的流量调节组合单元包括前集气室、数字式电磁阀、标准流量喷嘴和后集气室,所述前集气室的出气口设有一个,该出气口依次连接数字式电磁阀、标准流量喷嘴后,再与后集气室连接,所述的数字式电磁阀与 PLC 控制器连接。

[0008] 优选的,所述的流量调节组合单元包括前集气室、数字式电磁阀、喷嘴面积按公比为 2 的等比数列设置的多个标准流量喷嘴和后集气室,所述前集气室的出气口设有多个,各出气口依次连接一个数字式电磁阀、一个标准流量喷嘴后,再与后集气室连接,所述的数字式电磁阀与 PLC 控制器连接。

[0009] 优选的,所述的前集气室的出气口设有 2 ~ 20 个。

[0010] 优选的,所述的前集气室的出气口设有 10 个。

[0011] 优选的,所述的数字式电磁阀为高压型开关式阀门。

[0012] 优选的,所述的质量流量计为槽式质量流量计,用于测量流量调节组合单元的实际输出流量。

[0013] 一种如权利要求 1 所述装置的调节方法,其特征在于,该方法包括:

[0014] (1) 设定流量调节组合单元的输入空气压力给定值和输出空气流量给定值;

[0015] (2) PLC 控制器实时接收压力变送器采集的实际输入空气压力值,并与输入空气压力给定值进行比较,求出偏差值,然后根据该偏差值发出指令给气动控制阀进行反馈控制,消除偏差值;

[0016] (3) PLC 控制器实时接收质量流量计采集的实际输出空气流量值,并与输出空气流量给定值进行比较,求出偏差值,然后根据该偏差值发出指令给流量调节组合单元进行反馈控制,消除偏差值。

[0017] 优选的,步骤(1)中的输出空气流量给定值是根据公式  $\dot{m} = 0.040418 \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} A$  计算得出;公式中  $\dot{m}$  为输出空气流量给定值,单位 kg;  $P_0$  为输入空气压力给定值,单位 MPa;  $T_0$  为介质温度,单位 K, A 为标准流量喷嘴的流通面积,单位 mm。

[0018] 与现有技术相比,本发明通过设立两个调节反馈回路,以及标准流量喷嘴的等比排布,对空气流量数据的精确定量可达千分之一,甚至万分之一,从而能实现风洞试验数据只能进行定性分析,而无法做到定量分析的问题,弥补了国内、国际在此方面的空白。

## 附图说明

[0019] 图 1 是本发明装置的结构示意图;

[0020] 图 2 是图 1 中流量调节组合单元的结构示意图。

[0021] 附图标记说明:

[0022] 1 是气动调节阀、2 是压力变送器、3 是流量调节组合单元、4 是质量流量计、5 是 PLC 控制器、6 是前集气室、7 是数字式电磁阀、8 是标准流量喷嘴、9 是后集气室。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0024] 实施例

[0025] 如图 1、图 2 所示,一种高速风洞特种试验用压缩空气流量调节装置,主要用于设置在风洞进气管路上进行流量控制调节,也可用于其他需要进行定量分析调节的设备上。本方案的装置包括:气动调节阀 1,气动调节阀采用气动控制方式来控制流量调节组合单元 3 前压缩空气的压力,气动控制反应快、灵敏度高,便于快速稳定流量调节组合前压缩空气的压力;压力变送器 2;流量调节组合单元 3;质量流量计 4,质量流量计是一种槽式质量流量计,用于测量流量调节组合单元的实际输出流量;PLC 控制器 5,PLC 控制器接收压力变送器采集的实际压力输出值和质量流量计采集的流量实际输出值,然后通过 PLC 内置数据处理软件分析采集的数值与理论数值(给定值)的偏差值,然后控制器给气动调节阀和流量调节组合单元发指令,使气动调节阀和流量调节组合单元进行调节控制,其实质为反馈调

节方式。气动调节阀 1 的出气口通过管路与流量调节组合单元 3 的进气口连接。压力变送器设置在气动调节阀的出气口与流量调节组合单元的进气口之间的管路上,主要用于采集输入流量调节组合单元的实际空气压力。质量流量计 4 设置在流量调节组合单元 3 的出气口上,用于测量流量调节组合单元的实际输出流量。压力变送器 2 和质量流量计 4 的信号输出端均与 PLC 控制器 5 连接。PLC 控制器 5 的输出端分别连接气动调节阀 1 和流量调节组合单元 3,分别对两者进行反馈控制。

[0026] 流量调节组合单元 3 包括前集气室 6、数字式电磁阀 7、标准流量喷嘴 8 和后集气室 9。根据控制精度的不同,所需要设置的数字式电磁阀 7、标准流量喷嘴 8 的个数也不同,当只需要进行粗略精度调节时,前集气室 6 的出气口设有一个,该出气口依次连接数字式电磁阀 7、标准流量喷嘴 8 后,再与后集气室 9 连接,数字式电磁阀与 PLC 控制器连接。当需要进行高精度控制时,流量调节组合单元 3 包括前集气室 6、数字式电磁阀 7、喷嘴面积按公比为 2 的等比数列设置的多个标准流量喷嘴 8 和后集气室 9。前集气室 6 的出气口设有多个,各出气口依次连接一个数字式电磁阀 7、一个标准流量喷嘴 8 后,再与后集气室 9 连接,各数字式电磁阀 7 与 PLC 控制器 5 连接。数字式电磁阀是一种高压型开关式阀门,其灵敏度高,响应时间在 50ms 左右。流量调节组合单元在试验过程中由于数字式电磁阀开关状态不同而可以形成多通路形式,例如当前集气室的出气口设有 10 个;数字式电磁阀 7 也设置 10 个;标准流量喷嘴 8 也设置 10 个,各标准流量喷嘴 8 的喷嘴面积按公比为 2 的等比数列设置,第一个喷嘴面积为 1,则第二个喷嘴面积为 2,第三个喷嘴面积为 4,第四个喷嘴面积为 8.....第十个喷嘴面积为  $2^9=512$ ,这样根据需要开启不同数字式电磁阀能够实现的通路可以达到 1024 种流量组合,能满足特种试验对不同流量需求。如果数字式电磁阀 7 和标准流量喷嘴 8 的个数增加,则可实现的通路流量组合数也增加,调节精度也增加;如果数字式电磁阀 7 和标准流量喷嘴 8 的个数减少,则可实现的通路流量组合数也减少,调节精度也减小。

[0027] 使用前述装置的调节方法主要为:针对压缩空气在不同直径流通管道中压力的差异,建立了已知输入空气压力与输出空气质量流量之间的关系;考虑到空气积的变化情况,采取了数字式控制质量流量的策略,对空气积的变化采取了模糊控制的方式;利用 PLC 控制器对流量调节组合单元进行数字式控制,先在流量调节组合单元前后分别设置了压力变送器和质量流量计,用来监测和采集流量调节组合单元入口的压力与输出的实际流量,并与理论流量进行对比求差值,通过 PLC 控制器调节流量调节组合使流量最终达到所需值,最终实现了风洞特种试验中对压缩空气流量的精确控制。其具体步骤如下:

[0028] (1) 针对压缩空气在不同直径流通管道中压力的差异,先建立了已知输入空气压力与输出空气质量流量之间的关系,然后设定流量调节组合单元的输入空气压力给定值,

然后根据特种试验对输出空气质量流量的需求,利用建立的关系公式  $\dot{m} = 0.040418 \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} A$

计算得出输出空气流量给定值;公式中  $\dot{m}$  为输出空气流量给定值,单位 kg;  $P_0$  为输入空气压力给定值,单位 MPa;  $T_0$  为介质温度,单位 K, A 为标准流量喷嘴的流通面积,单位 mm。

[0029] (2) 用 PLC 控制器将流量调节组合单元置于该理论流量(给定值)所在的一种组合位置,即将流量调节组合①-⑩通道中相应的电磁阀打开,其余的电磁阀处于关闭状态; PLC 控制器实时接收压力变送器采集的实际输入空气压力值,并与输入空气压力给定值进

行比较,求出偏差值,然后根据该偏差值发出指令给气动控制阀进行反馈控制,消除偏差值;

[0030] (3)PLC 控制器实时接收质量流量计采集的实际输出空气流量值,并与输出空气流量给定值进行比较,求出偏差值,然后根据该偏差值发出指令给流量调节组合单元进行反馈控制,消除偏差值,例如当输出空气流量给定值为 60,此时开启③④⑤⑥号电磁阀,各电磁阀通过流量相加  $4+8+16+32=60$ , (此为随意举的数字,满足等比关系即可,主要用于说明实现原理),但实际检测出的流量为 80,此时则需要调整控制电磁阀⑤⑦开启,各电磁阀通过流量相加  $16+64=80$ ,这样便实现了流量精确调节,而且也可知道准确的输入空气流量,从而解决了在高速风洞特种试验中对输入空气流量进行定量控制及分析方面的问题。

[0031] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,应当指出的是,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

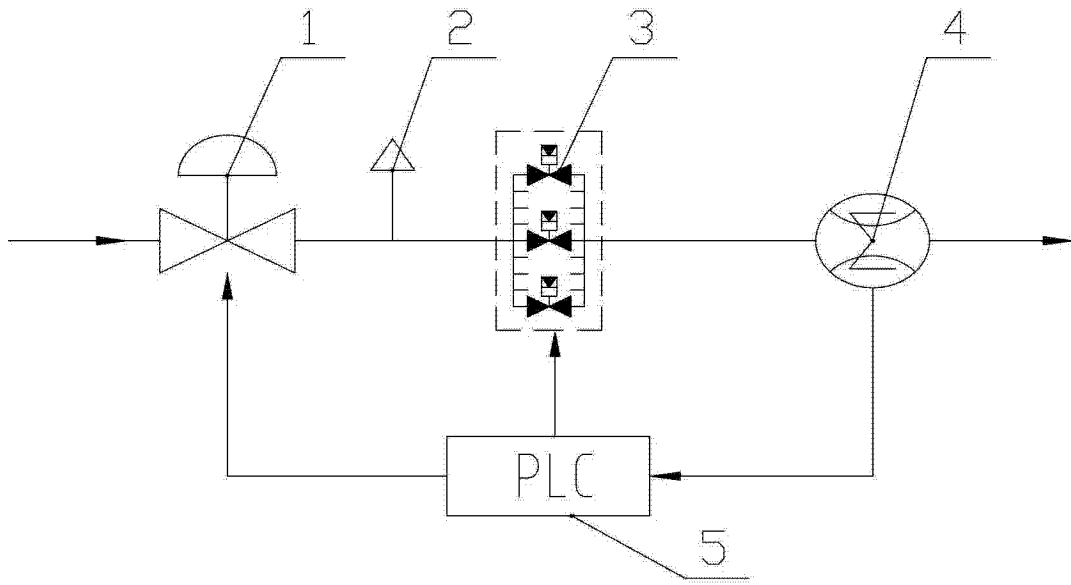


图 1

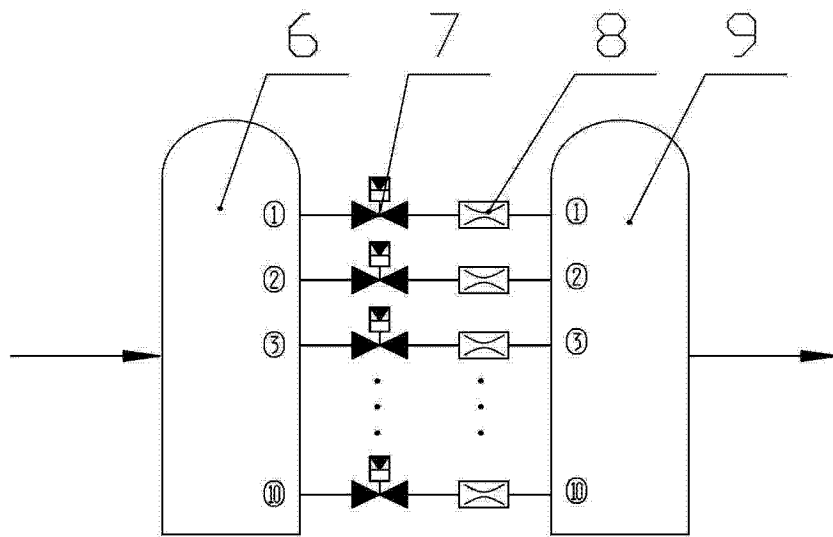


图 2