



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107830985 B

(45)授权公告日 2019.06.28

(21)申请号 201710941567.2

(22)申请日 2017.10.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107830985 A

(43)申请公布日 2018.03.23

(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 张启帆 彭辉 岳连捷 贾轶楠
张新宇

(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 胡剑辉

(51)Int.Cl.

G01M 9/02(2006.01)

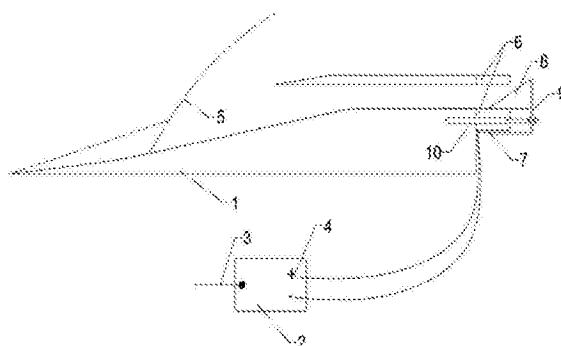
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种进气道定堵塞度自起动试验装置

(57)摘要

本发明公开了一种进气道定堵塞度自起动试验装置，包括：进气道，出口端设有延伸段；延伸段的内部设有堵块，两侧设有用于测量堵块位置的位移传感器，下端设有电磁铁；堵块与电磁铁通过堵块连接件连接，堵块连接件的一端与电磁铁的下端相接触，另一端与所述堵块固定连接；位移传感器包括传感器主体和滑动拉杆，滑动拉杆与堵块连接件固定连接；延时信号发生器，内部设有电磁铁电源；本发明进气道定堵塞度的自起动试验装置在获得了完整不起动振荡周期的同时，还在风洞有效运行时间范围内对其自起动过程进行了考察，且借助位移传感器对该过程进行了定量记录，保证了自起动试验的有效性和可重复性。



1. 一种进气道定堵塞度的自起动试验装置,其特征在于,包括:

进气道,出口端设有延伸段:所述延伸段的内部设有堵块,两侧设有用于测量所述堵块位置的位移传感器,下端设有电磁铁;所述堵块与所述电磁铁通过堵块连接件连接,所述堵块连接件的一端与所述电磁铁的下端相贴合,另一端与所述堵块连接;所述位移传感器包括传感器主体和滑动拉杆,所述滑动拉杆与所述堵块连接件固定连接;

延时信号发生器,内部设有控制所述电磁铁开启和关闭的电磁铁电源;

试验前,开启所述延时信号发生器,所述电磁铁电源向所述电磁铁供电,所述电磁铁吸附所述堵块连接件,使所述堵块在所述进气道出口端形成一定的堵塞度;同时设定好所述延时信号发生器的延时时间;

试验阶段,外部触发信号触发所述延时信号发生器;同时高速气流经过所述进气道并在所述进气道出口端形成堆积气流,所述堆积气流返回至所述进气道的入口端,使得所述进气道入口端的起动捕获波系被破坏,形成不起动波系;待进气道形成完整的不起动振荡周期并达到预设的延时时间时,所述延时信号发生器关闭,所述电磁铁电源切断所述电磁铁的供电,所述电磁铁失磁后不再吸附所述堵块连接件,在风洞气流的推动下所述堵块将带动所述堵块连接件通过所述滑动拉杆滑出所述延伸段,不起动波系转换成起动捕获波系,所述进气道恢复起动;

其中,所述堵块在所述进气道出口端形成一定的堵塞度,具体为:

将自起动试验装置安装好,然后对位移传感器的读数进行标定,得到位移传感器读数与堵块堵塞度之间的换算关系,根据位移传感器的读数将堵块设定至对应的堵塞度位置。

2. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述进气道的构型为二元式、轴对称式、侧压式、鼓包式或者内转式的进气道。

3. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述延伸段为光滑过度的延伸段,用于为所述堵块提供行程。

4. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述堵块连接件是采用铁磁材料制成的直角薄板,且与所述堵块固定连接。

5. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述外部触发信号是来自于风洞喷管前的皮托压电压信号或者风洞控制台的同步信号。

6. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述位移传感器为直线位移传感器。

7. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述传感器主体设置在所述进气道的两侧,且位于所述堵块和所述电磁铁之间。

8. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述延时信号发生器可通过外部触发信号和预设的延时时间,输出脉冲信号给所述电磁铁电源以控制电磁铁的供电。

9. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述堵块为二元楔形或轴对称圆锥结构的轻质非铁磁材料。

10. 根据权利要求1所述的自起动试验装置,其特征在于,所述电磁铁的吸引力需满足在风洞运行过程中所述进气道处于极限反压状态时仍能牢牢吸附住所述堵块和所述堵块连接件。

一种进气道定堵塞度自起动试验装置

技术领域

[0001] 本发明属于特种吹风试验技术领域。更具体地，涉及一种进气道定堵塞度自起动试验装置。

背景技术

[0002] 进气道作为吸气式高速推进系统的关键气动部件以及推进系统一体化的重要组成因素，位于推进系统流道的最上游，进气道的工作特性将直接影响推进系统整体效能的发挥。尤其是进气道起动是保证进气道正常、高效工作的前提，但是实际飞行中导致进气道出现不起动的诱因（如工作马赫数过低、飞行姿态角过大、发动机调节不当等飞行控制因素）十分繁多，使得进气道不起动问题往往难以避免。另一方面，由于在高速条件下，内压缩设计的引入将使得进气道在临界点附近出现一个受历史效应和几何构型影响的迟滞环，进而影响进气道的自起动能力。因此，为了降低飞行器在飞行试验的风险，有必要针对进气道的自起动能力提前进行地面吹风试验评估，确保进气道能从典型不起动状态下恢复正常起动。

[0003] 地面试验中，由于常规高速风洞的试验时间较长，可达数秒甚至数十秒量级，因此可充分借助常规步进电机的尾锥节流系统进行复杂的操作控制，完整模拟不起动过程以及不起动诱因消失的自起动过程。然而由于常规高速风洞无加热难以模拟实际飞行中的高焓来流，而且长时间高焓风洞的运行成本则相对过高，因此以激波风洞为代表的脉冲型风洞优势得以突显。脉冲型风洞具有运行成本较低，运行方式灵活、快捷方便，可为大尺度进气道提供高焓来流的优点，在进气道和飞行器的研究中发挥着重要的作用；但是脉冲风洞的稳定运行时间仅有毫秒到数十毫秒量级，因此在常规风洞中使用的步进电机节流系统则显得耗时过长（秒量级），不再适用。

[0004] 现有技术中，为满足在激波风洞中对进气道自起动能力考核的需求，某些学者尝试通过在进气道下游隔离段下壁面预先放置轻质堵塞物，并加装滑轨结构以便于控制堵塞物放置位置和运动方向。试验时，楔形堵塞物位于通道内，先迫使进气道出现不起动，待堵塞物被吹出通道、流道恢复畅通后，继而检测进气道的自起动能力。然而该方法中的轻质堵块未待风洞流场稳定，就已开始被风洞起动时的前行主激波推向了下游，因此无法定量准确的获得该进气道从特定堵塞度下自起动的全过程。并且考虑到自起动过程会受到历史效应的影响，因而堵塞度的不同亦会改变其流场演化过程甚至最终的自起动流场。同样的，还有学者采用预先安装的涤纶膜片封闭进气道出口的方法，先迫使进气道不起动；然后，在试验过程中使用脉冲高能点火器使涤纶膜片破裂，打开进气道出口，检测进气道的自起动能力。该方法是能模拟定堵塞度下的自起动过程，但只能模拟下游全堵塞极限情况下的自起动过程，无法模拟不同堵塞度下进气道的自起动过程，测试范围较为受限。

[0005] 因此，为了解决上述技术问题，本发明结合激波风洞实际情况提供一种高超声速进气道定堵塞度自起动试验装置。该试验装置不仅能够获得进气道在特定堵塞度下完整的不起动振荡周期，而且有足够的时长考察进气道的自起动特性。与此同时，在试验中还可对

进气道堵塞度的变化历程进行实时监控和记录,以保证自起动试验的有效性和可重复性。

发明内容

[0006] 本发明的一个目的在于提供一种进气道定堵塞度自起动试验装置,该试验装置解决了在激波风洞中开展进气道特定堵塞度下自起动过程研究的试验技术问题。

[0007] 为了达到上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种进气道定堵塞度自起动试验装置,包括:

[0009] 进气道,出口端设有延伸段;所述延伸段的内部设有堵块,两侧设有用于测量所述堵块位置的位移传感器,下端设有电磁铁;所述堵块与所述电磁铁通过堵块连接件连接,所述堵块连接件的一端与所述电磁铁的下端相贴合,另一端与所述堵块连接;所述位移传感器包括传感器主体和滑动拉杆,所述滑动拉杆与所述堵块连接件固定连接;

[0010] 延时信号发生器,内部设有控制所述电磁铁开启和关闭的电磁铁电源;

[0011] 试验前,开启所述延时信号发生器,所述电磁铁电源向所述电磁铁供电,所述电磁铁吸附所述堵块连接件,使所述堵块在所述进气道出口端形成一定的堵塞度;同时设定好所述延时信号发生器的延时时间;

[0012] 试验阶段,外部触发信号触发所述延时信号发生器;同时高速气流经过所述进气道并在所述进气道出口端形成堆积气流,所述堆积气流返回至所述进气道的入口端,使得所述进气道入口端的起动捕获波系被破坏,形成不起动波系;待进气道形成完整的不起动振荡周期并达到预设的延时时间时,所述延时信号发生器关闭,所述电磁铁电源切断所述电磁铁的供电,所述电磁铁失磁后不再吸附所述堵块连接件,在高速气流的推动下所述堵块将带动所述堵块连接件通过所述滑动拉杆滑出所述延伸段,不起动波系转换成起动捕获波系,所述进气道恢复起动。

[0013] 优选地,所述进气道的构型为二元式、轴对称式、侧压式、鼓包式或者内转式的进气道。

[0014] 优选地,所述延伸段为光滑过度的延伸段,用于为所述堵块提供行程。

[0015] 优选地,所述堵块连接件是采用铁磁材料制成的直角薄板,且与所述堵块固定连接。

[0016] 优选地,所述外部触发信号是来自于风洞喷管前的皮托压电压信号或者风洞控制台的同步信号;更优选地,所述外部触发信号是来自风洞喷管前的皮托压电压信号。

[0017] 优选地,所述位移传感器为直线位移传感器,可实时测量并记录所述堵块的位置。

[0018] 优选地,所述传感器主体设置在所述进气道的两侧,且位于所述堵块和所述电磁铁之间。

[0019] 优选地,所述延时信号发生器接受到外部触发信号后设定延时周期,并输出脉冲信号给所述电磁铁电源控制电磁铁的供电,进而实现电磁铁磁场的快速切换。

[0020] 优选地,所述堵块为楔形或轴对称圆锥结构的轻质非铁磁材料。

[0021] 优选地,所述电磁铁的吸引力需满足在风洞运行过程中所述进气道处于极限反压状态时仍能牢牢吸附所述堵块和所述堵块连接件。

[0022] 本发明的进气道定堵塞度自起动试验装置在试验中还可对进气道堵塞度的变化历程进行实时监控和记录,以保证自起动试验的有效性和可重复性。

[0023] 本发明的有益效果如下：

[0024] 本发明的进气道定堵塞度自起动试验装置解决了在激波风洞中开展进气道特定堵塞度下的自起动过程研究的试验技术问题，在获得了完整不起动振荡周期的同时，还在风洞有效运行时间范围内对其自起动过程进行了考察，且借助位移传感器对整个过程进行了定量记录，保证了自起动试验的有效性和可重复性。

附图说明

[0025] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作优选地详细的说明。

[0026] 图1是本发明进气道定堵塞度自起动试验装置不起动状态示意图。

[0027] 图2是本发明进气道定堵塞度自起动试验装置自起动状态示意图。

[0028] 其中，1、二元进气道，2、延时信号发生器，3、外部触发信号，4、电磁铁电源，5、不起动波系，6、延伸段，7、电磁铁，8、堵块，9、堵块连接件，10、位移传感器，11、起动捕获波系。

具体实施方式

[0029] 为了更清楚地说明本发明，下面结合优选实施例和附图对本发明做优选地的说明。附图中相似的部件以相同的附图标记进行表示。本领域技术人员应当理解，下面所具体描述的内容是说明性的而非限制性的，不应以此限制本发明的保护范围。

[0030] 在本发明的一个实施方式中，如图1所示，一种进气道定堵塞度自起动试验装置，包括：

[0031] 二元进气道1，出口端设有延伸段6：延伸段6的内部放置有堵块8，两侧设有用于实时测量堵块8位置的位移传感器10，下端设有电磁铁7；堵块8与电磁铁7通过堵块连接件9实现连接，堵块连接件9为铁磁材料制成的直角薄板，直角薄板的一端与电磁铁7紧紧贴合接触，另一端与堵块8的直角边紧密固定；位移传感器10包括传感器主体和滑动拉杆，滑动拉杆的左端与传感器主体连接，右端与堵块连接件9固定连接；传感器主体位于堵块8和电磁铁7之间，且设置在于二元进气道1的两侧；

[0032] 延时信号发生器2内部设有控制所述电磁铁7开启和关闭的电磁铁电源4，延时信号发生器2用于接受外部触发信号，并根据预设时间将脉冲信号输送至电磁铁电源4，控制电磁铁电源的断电。

[0033] 开启延时信号发生器2后电磁铁电源4向电磁铁7供电，电磁铁7吸附堵块连接件9，使得堵块8堵住二元进气道1的出口端，并在二元进气道1的出口端形成一定的堵塞；同时设定好延时信号发生器2的延时时间；开启风洞试验，一方面外部触发信号触发延时信号发生器2，另一方面高超声速气流经过二元进气道1并在二元进气道1出口端形成堆积气流，堆积气流返回至二元进气道1的入口端，二元进气道1进入不起动喘振状态，直至二元进气道1入口端的起动捕获体系11被破坏，形成不起动波系5；待风洞流场稳定一段时间后得到完整的不起动振荡周期，并随后达到预设的延时时间时，延时信号发生器2关闭，因此电磁铁电源4也随之关闭，电磁铁电源4切断向电磁铁7供电，使得电磁铁7失磁不再吸附堵块连接件9，在风洞中高速气流的作用下堵块8将带动堵块连接件9通过滑动拉杆滑出所述二元进气道1的出口，二元进气道1再次形成起动捕获波系11，二元进气道1恢复起动。

[0034] 在本发明的实施方式中，为了保证堵块8能被快速推出二元进气道1的出口，优选

地,堵块8为轻质非铁磁材料;更优选地,堵块8为铝块。

[0035] 在本发明的实施方式中,延伸段6需针对不同构型的进气道出口形式进行设计,例如,进气道的出口形式为常规的矩形或圆形,则可直接做成相同形状的延伸段6,若进气道的出口形式为异形,则需将进气道出口转接成常规的矩形或圆形,然后设计相同形状的延伸段6;优选地,延伸段6为光滑过度的延伸段6,用于为堵块8的移动提供足够的行程;堵块8为楔形堵块。

[0036] 在本发明的实施方式中,外部触发信号3是来自于风洞喷管前的皮托压电压信号。

[0037] 在本发明的另一个实施方式中,进气道可以为轴对称式、侧压式、鼓包式或者内转式的进气道。

[0038] 在本发明的实施方式中,为了实时测量并记录堵块8的运动历程,用以判断进气道的状态和保证试验的可重复性;优选地,位移传感器10为直线式位移传感器;本发明的直线位移传感器能起到导轨和限位的作用,确保了堵块8运动方向的可控和再回收利用。

[0039] 在本发明的实施方式中,在保证电磁铁7能吸附住位于任意堵塞度位置的堵块8的前提下,应尽量采用小尺寸的电磁铁7;电磁铁7的吸引力需满足在风洞运行过程中进气道处于极限反压状态时仍能牢牢吸附住堵块8和堵块连接件9。

[0040] 本发明进气道定堵塞度的自起动试验装置的工作流程:

[0041] 1) 将本发明进气道定堵塞度的自起动试验装置安装好,然后对位移传感器10的读数进行标定,得到位移传感器10读数与堵块8堵塞度之间的换算关系。

[0042] 2) 开启延时信号发生器2之前,根据位移传感器10的读数将堵块8设定至对应的堵塞度位置;开启延时信号发生器2后电磁铁电源4为电磁铁7供电,然后电磁铁7吸附堵块连接件9,使得堵块8堵住二元进气道1的出口端;同时设定好延时信号发生器2的延时时间;开启风洞实验,一方面外部触发信号触发延时信号发生器2,另一方面高超声速气流将在二元进气道1内迅速堆积,二元进气道1进入不起动喘振状态,直至进气道入口端的起动捕获体系11被破坏,形成不起动波系5;如图2所示,待风洞流场稳定一段时间得到完整的不起动振荡周期,待不起动振荡周期达到预设的延时时间时,延时信号发生器2将关闭电磁铁电源4,使得电磁铁7失磁不再吸附堵块连接件9,在风洞中高超声速气流的作用下堵块8将带动堵块连接件9通过所述滑动拉杆滑出所述二元进气道1的出口,二元进气道1再次形成起动捕获波系11,二元进气道1恢复起动。

[0043] 3) 试验结束后需结合位移传感器10的数据判断堵块8是否在风洞有效运行时间内完全退出,待堵块8完全退出二元进气道1后,依据二元进气道1入口的捕获波系11是否正常建立,进而获得二元进气道1是否实现自起动的结论。

[0044] 本发明结合激波风洞实际情况提供一种高超声速进气道定堵塞度自起动试验装置,该试验装置不仅能够获得进气道在特定堵塞度下完整的不起动振荡周期,而且有足够的时长考察进气道的自起动特性。

[0045] 本文中所采用的描述方位的词语“上”、“下”、“左”、“右”等均是为了说明的方便基于附图中图面所示的方位而言的,在实际装置中这些方位可能由于装置的摆放方式而有所不同。

[0046] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定,对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可

以做出其它不同形式的变化或变动,这里无法对所有的实施方式予以穷举,凡是属于本发明的技术方案所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之列。

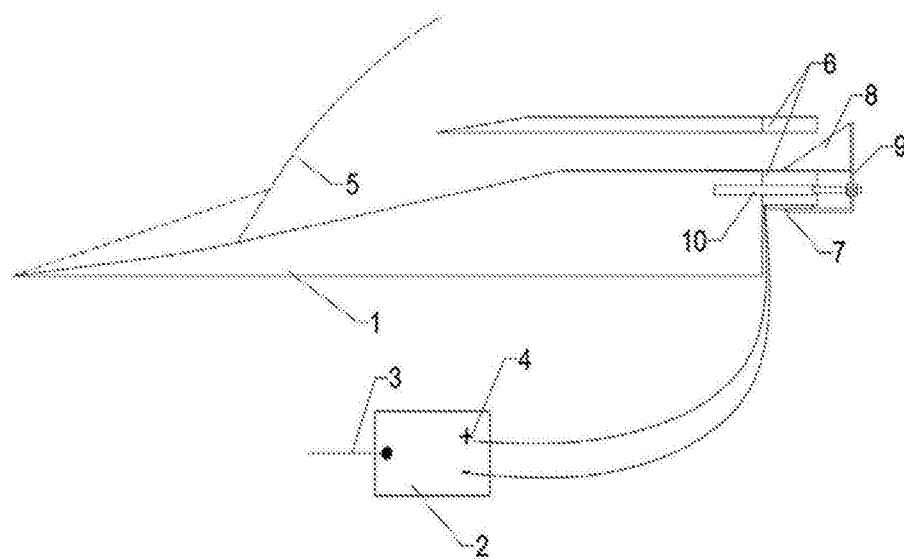


图1

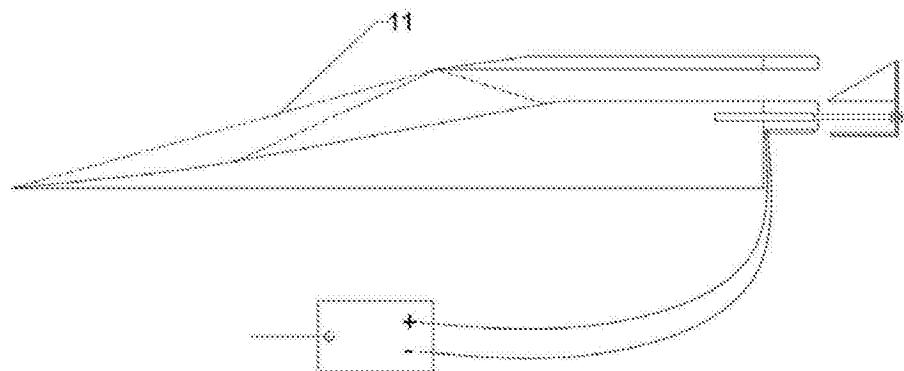


图2