



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105258913 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201510668548. 8

G01M 9/00(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 10. 13

(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 四川省绵阳市涪城区 211 信箱

(72) 发明人 杨洋 林学东 周波 张林 尹疆
谢艳 熊波 蒋鸿 涂清 周洪
马磊 郑晓东 高川 刘光远
景光松

(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 沈强

(51) Int. Cl.

G01M 9/06(2006. 01)

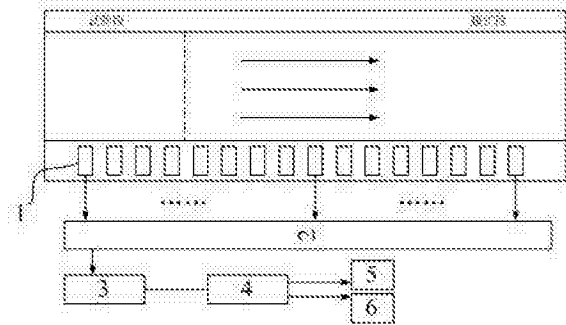
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,通过对超声速风洞试验段入口至超声速扩散段出口沿线静压的测量和分析判断,寻找出静压忽然升高并随着型面扩张出现单调增加的位置,从而准确确定出正激波的位置并实时显示,使以往超声速风洞试验过程中无法确定的正激波位置变得实时可见,为超声速风洞精细化控制、智能化安全保护提供了有力的数据保障。采用该方法不仅能实时测量、判断和显示出风洞正激波的确切位置,同时还能实时显示出试验中正激波位置随试验模型姿态的变化情况,为准确预估正激波位置变化趋势,评定风洞试验危险等级,确保风洞安全运行提供数据支持。



1. 一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,其特征在于包括以下步骤:

A、沿暂冲式超声速风洞水平轴线方向,从风洞试验段入口至超声速扩散段出口的风洞侧壁上,均匀分布安装若干只压力传感器,测量试验段至超声速扩散段沿线的侧壁静压;

B、将所有静压传感器的输出信号按风洞试验段至超声速扩散段的顺序依次接入数据采集单元;

C、风洞试验时,数据采集单元以 50Hz ~ 100Hz 的采样频率采集静压传感器的输出信号,并将采集的静压传感器数据实时传给正激波位置判断单元;

D、正激波位置判断单元在获取静压传感器的实时数据后,立即进行快速的运算和判断,得到当前正激波位置参数,并将此正激波位置参数及时传给风洞运行管理系统;

E、风洞运行管理系统实时显示正激波位置、静压沿风洞轴线分布曲线、正激波位置随模型迎角变化等曲线,并通过对风洞总压、风洞模型迎角、风洞正激波位置等历史数据和预期数据的综合分析,给出危险等级判断及预警,当正激波到达危险临界点时,自动启动紧急保护程序,以确保风洞及试验模型的安全;

F、再次返回步骤 C,循环往复,直到风洞试验结束,停止采集、判断显示。

2. 根据权利要求 1 所述的一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,其特征在于所述步骤 A 中安装 30 ~ 60 只压力传感器,压力传感器的数量与风洞试验段至风洞超声速扩散段的距离成正比,与正激波位置的分辨率成反比。

3. 根据权利要求 1 所述的一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,其特征在于所述步骤 A 中静压传感器的测量气路长度小于 20cm,即风洞侧壁的静压测点孔到压力传感器感应元件的管路长度小于 20cm。

4. 根据权利要求 1 所述的一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,其特征在于所述步骤 D 中的具体的运算和判断流程为:

步骤 301,计算当前时刻静压传感器测量得的壁面静压 P_i ($i=1 \cdots n$);

步骤 302,计算相邻两点壁面静压差值 $\Delta P_i = P_i - P_{i-1}$;

步骤 303,定义并初始化下列变量:相邻壁面静压差大于阈值时的静压差的和 Sum1、Sum2、三个正激波位置变量、壁面静压点的序号标识符 i 、静压连续上升的区间数 j ;

步骤 304,判断 ΔP_i 是否大于等于阈值,若是,则执行步骤 306;否则,则执行步骤 305;

步骤 305,判断 Sum1 是否小于 Sum2;若是,则执行步骤 310;否则,则执行步骤 307;

步骤 306,判断 j 是否等于 0,若是,则执行步骤 309;否则,则执行步骤 308;

步骤 307,将 Sum1 中的值赋给 Sum2,将正激波位置一中的值赋给正激波位置 2,将 j 重置为 0;

步骤 308,将 ΔP_i 累加到 Sum1 中, $i=i+1$, $j=j+1$;

步骤 309,正激波位置一 = $i-1$,将 ΔP_i 累加到 Sum1 中, $i=i+1$, $j=j+1$;

步骤 310,判断 i 是否大于等于 n ,即判断是否所有壁面静压均完成了运算判断;若是,则执行步骤 311;否则,则返回步骤 304;

步骤 311,判断 Sum1 是否大于等于 Sum2;若是,则执行步骤 313;否则,则执行步骤 312;

步骤 312,将正激波位置二中的值赋给正激波位置变量,即此静压点的位置为该时刻的

正激波位置;结束运算判断流程;

步骤 313,将正激波位置一中的值赋给正激波位置变量,即此静压点的位置为该时刻的正激波位置;结束运算判断流程。

5. 根据权利要求 4 所述的一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,其特征在于所述阈值设置为 2 kPa ~ 6kPa,阈值的大小与试验马赫数和相邻静压之间的距离成正比。

一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及航空航天风洞试验领域,尤其涉及一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法。

背景技术

[0002] 暂冲式超声速风洞运行时,必然有一道正激波通过风洞试验段模型区,并稳定在试验段下游。当正激波扫过风洞试验段中的试验模型时,试验模型会产生剧烈振动,严重时危及风洞试验安全。因此超声速风洞运行时,必须首先控制正激波快速通过风洞试验模型区,使正激波扫过试验模型的时间尽量短暂;其次在模型迎角变化,阻塞度增大时,保证正激波不会返回风洞试验模型区。

[0003] 正激波通过风洞试验模型区的速度及稳定在模型区下游的位置与风洞总压、模型堵塞度等参数密切相关。当总压偏低或者模型堵塞度较大时,正激波可能较长时间停留在试验模型区,容易造成模型天平发散振动,风洞、模型、天平等严重损坏的后果;而当总压偏高时,风洞洞体和试验模型等承载的载荷和振动增加,设备故障率升高、能耗增大,运行成本增加。通过对超声速风洞正激波位置的实时监测,即可以准确给定超声速风洞安全、合理的开车总压参数,又可以实时捕捉正激波回退的危急时刻,及时采取措施,保护风洞设备安全。但是,目前超声速风洞正激波位置的监测只能采用激波传感器监测,而激波传感器只能监测到正激波是否通过,无法实时给出正激波的准确位置。即无法为超声速风洞更加经济、安全的运行提供数据支持。

发明内容

[0004] 为克服暂冲式超声速风洞正激波位置实时监测手段匮乏的问题,本发明提出一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,采用该方法不仅能实时测量、判断和显示出风洞正激波的确切位置,同时还能实时显示出试验中正激波位置随试验模型姿态的变化情况,为准确预估正激波位置变化趋势,评定风洞试验危险等级,确保风洞安全运行提供数据支持。

[0005] 为达到上述目的,本发明的技术方案具体是这样实现的:

一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,包括以下步骤:

A、沿暂冲式超声速风洞水平轴线方向,从风洞试验段入口至超声速扩散段出口的风洞侧壁上,均匀分布安装若干只压力传感器,测量试验段至超声速扩散段沿线的侧壁静压;

B、将所有静压传感器的输出信号按风洞试验段至超声速扩散段的顺序依次接入数据采集单元;

C、风洞试验时,数据采集单元以 50Hz ~ 100Hz 的采样频率采集静压传感器的输出信号,并将采集的静压传感器数据实时传给正激波位置判断单元;

D、正激波位置判断单元在获取静压传感器的实时数据后,立即进行快速的运算和判

断,得到当前正激波位置参数,并将此正激波位置参数及时传给风洞运行管理系统;

E、风洞运行管理系统实时显示正激波位置、静压沿风洞轴线分布曲线、正激波位置随模型迎角变化等曲线,并通过对风洞总压、风洞模型迎角、风洞正激波位置等历史数据和预期数据的综合分析,给出危险等级判断及预警,当正激波到达危险临界点时,自动启动紧急保护程序,以确保风洞及试验模型的安全;

F、再次返回步骤 C,循环往复,直到风洞试验结束,停止采集、判断显示。

[0006] 在上述技术方案中,所述步骤 A 中安装 30 ~ 60 只压力传感器,压力传感器的数量与风洞试验段至风洞超声速扩散段的距离成正比,与正激波位置的分辨率成反比。

[0007] 在上述技术方案中,所述步骤 A 中静压传感器的测量气路长度小于 20cm,即风洞侧壁的静压测点孔到压力传感器感应元件的管路长度小于 20cm。

[0008] 在上述技术方案中,步骤 C、步骤 D 所述的实时数据即是当前时刻数据采集单元采集的所有传感器的数据。

[0009] 在上述技术方案中,所述步骤 D 中的具体的运算和判断流程为:

步骤 301,计算当前时刻静压传感器测量得的壁面静压 P_i ($i=1 \cdots n$);

步骤 302,计算相邻两点壁面静压差值 $\Delta P_i = P_i - P_{i-1}$;

步骤 303,定义并初始化下列变量:

相邻壁面静压差大于阈值时的静压差的和 Sum1、Sum2,其中,Sum1 是当前计算处理的静压上升的高度,Sum2 是先前最大的静压上升的高度,Sum1、Sum2 的初始值均为 0;

三个正激波位置变量,“正激波位置”、“正激波位置一”和“正激波位置二”,其中“正激波位置”是最终得到的正激波位置,“正激波位置一”是当前处理计算的假想的正激波位置,“正激波位置二”是先前处理计算中甄选出来的正激波位置,三个正激波位置变量的初始值均为 1;

壁面静压点的序号标识符 i ,其初始值 $i=2$;

静压连续上升的区间数 j ,其初始值 $j=0$ 。

[0010] 步骤 304,判断 ΔP_i 是否大于等于阈值,若是,则执行步骤 306;否则,则执行步骤 305;

步骤 305,判断 Sum1 是否小于 Sum2;若是,则执行步骤 310;否则,则执行步骤 307;

步骤 306,判断 j 是否等于 0,若是,则执行步骤 309;否则,则执行步骤 308;

步骤 307,将 Sum1 中的值赋给 Sum2,将正激波位置一中的值赋给正激波位置 2,将 j 重置为 0;

步骤 308,将 ΔP_i 累加到 Sum1 中, $i=i+1$, $j=j+1$;

步骤 309,正激波位置一 = $i-1$,将 ΔP_i 累加到 Sum1 中, $i=i+1$, $j=j+1$;

步骤 310,判断 i 是否大于等于 n ,即判断是否所有壁面静压均完成了运算判断;若是,则执行步骤 311;否则,则返回步骤 304;

步骤 311,判断 Sum1 是否大于等于 Sum2;若是,则执行步骤 313;否则,则执行步骤 312;

步骤 312,将正激波位置二中的值赋给正激波位置变量,即此静压点的位置为该时刻的正激波位置;结束运算判断流程;

步骤 313,将正激波位置一中的值赋给正激波位置变量,即此静压点的位置为该时刻的

正激波位置 ;结束运算判断流程。

[0011] 根据权利要求 4 所述的一种暂冲式超声速风洞正激波位置测量及判断的方法,其特征在于所述阈值设置为 2 kPa ~ 6kPa, 阈值的大小与试验马赫数和相邻静压之间的距离成正比。

[0012] 从上述本发明的各项技术特征可以看出,其优点是:

通过对超声速风洞试验段入口至超声速扩散段出口沿线静压的测量和分析判断, 寻找出静压忽然升高并随着型面扩张出现单调增加的位置, 从而准确确定出正激波的位置并实时显示, 使以往超声速风洞试验过程中无法确定的正激波位置变得实时可见, 为超声速风洞精细化控制、智能化安全保护提供了有力的数据保障。

附图说明

[0013] 图 1 是本发明所述正激波位置测量及判断系统构成图;

图 2 是正激波运算和判断流程图;

图 3 是风洞运行管理系统综合分析规则的一个示例;

其中附图 1 中, 标记 1 是沿风洞轴线均匀分布安装的压力传感器, 2 是数据采集单元, 3 是正激波位置判断单元, 4 是风洞运行管理系统, 5 是正激波位置实时显示, 6 是启动应急保护程序。

具体实施方式

[0014] 如附图 1 所示, 本发明所述正激波位置测量及判断系统构成图, 包括沿风洞轴线均匀分布安装的压力传感器、数据采集单元、正激波位置判断单元, 风洞运行管理系统。其中, 沿风洞轴线均匀分布安装的压力传感器是将压力传感器的感应气孔连接到风洞侧壁水平轴线上的静压孔, 压力传感器将静压转换为电信号, 并通过电缆将传感器的输出信号接入数据采集单元的信号输入端; 数据采集单元通过 A/D 转换和扫描采集快速将静压传感器的输出信号转换为数字信号, 送入正激波位置判断单元, 数据采集单元可以由小型的数据采集系统构成; 正激波位置判断单元的功能是快速接收数据采集单元送来的静压实时数据, 并通过正激波运算和判断程序, 快速计算出当前时刻正激波的位置, 并将正激波位置参数等回传给风洞运行管理系统; 风洞运行管理系统根据超声速风洞的其它参数和正激波位置参数等对超声速风洞进行智能化的运行管理控制。具体实现包括下列步骤:

计算所需的压力传感器数量, 压力传感器数量 = (试验段至超声速扩散段的距离) / 正激波位置的分辨率 + 1 ; 假如某风洞试验段至超声速扩散段的距离为 12m, 而正激波位置的分辨率需要到达 0. 3m, 因此所需的压力传感器数量为 41 只, 即从试验段入口到超声速扩散段出口, 每相距 0. 3m 安装一只压力传感器;

将 41 只压力传感器的分别连接到风洞侧壁水平轴线上的静压测点上, 并将传感器的输出信号按照从试验入口到超声速扩散段出口的顺序依次接入数据采集单元;

试验时, 启动数据采集单元以 60Hz 频率连续采集 41 只静压传感器的信号输出, 并且每完成一次传感器的扫描采集, 就实时的将采集数据送给正激波位置判断单元;

正激波位置判断单元接收到数据采集单元送来的静压传感器实时信号数据后, 立即通过运算和判断求出正激波位置参数, 并将正激波位置参数回传给风洞的运行控制系统。

[0015] 风洞运行管理系统接收到正激波位置参数,再综合风洞试验前一刻、当前时刻及后续预期的总压、迎角参数和正激波位置参数等对风洞运行的风险系数进行自动化、智能化的评估分析,最后以图像、曲线、声音等给出分析结果,并且在危急时刻,自动启动风洞应急安全保护程序,保护风洞和试验模型的安全。图 3 是某风洞运行管理系统的一个综合分析评估的示例。

[0016] 返回步骤 c,循环往复,直至风洞试验结束关车,停止采集和计算分析。

[0017] 本发明并不局限于前述的具体实施方式。本发明扩展到任何在本说明书中披露的新特征或任何新的组合,以及披露的任一新的方法或过程的步骤或任何新的组合。

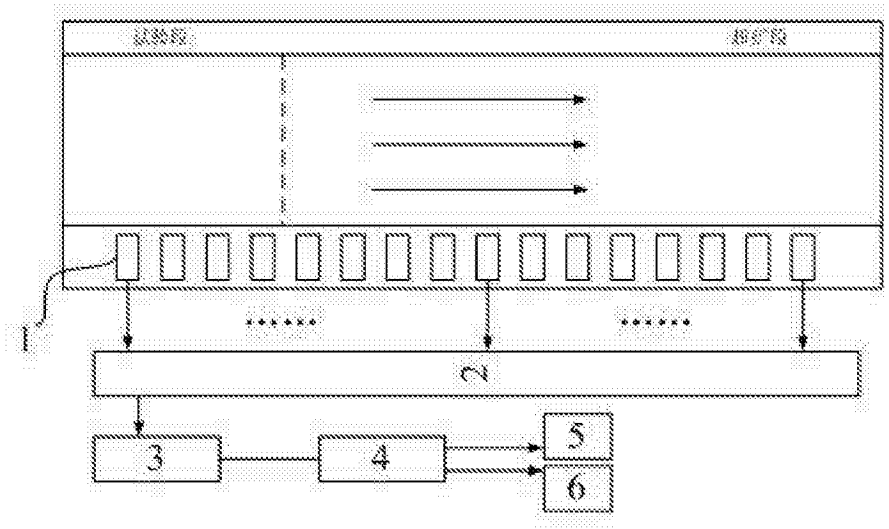


图 1

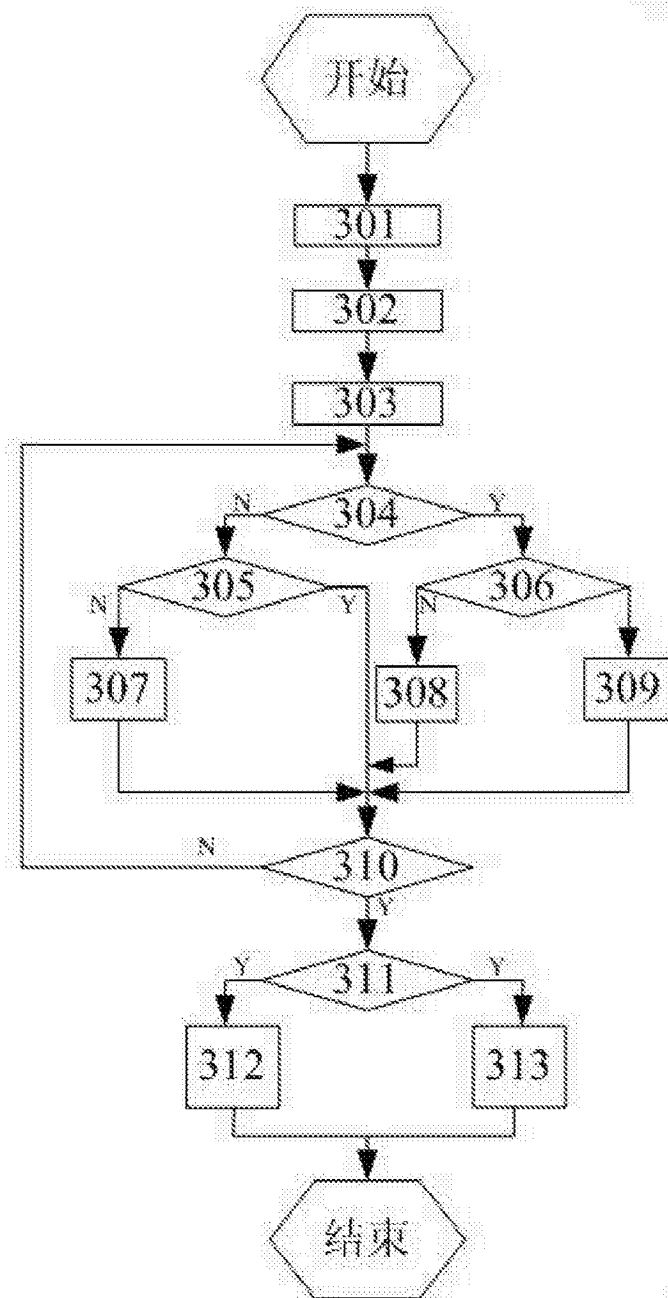


图 2

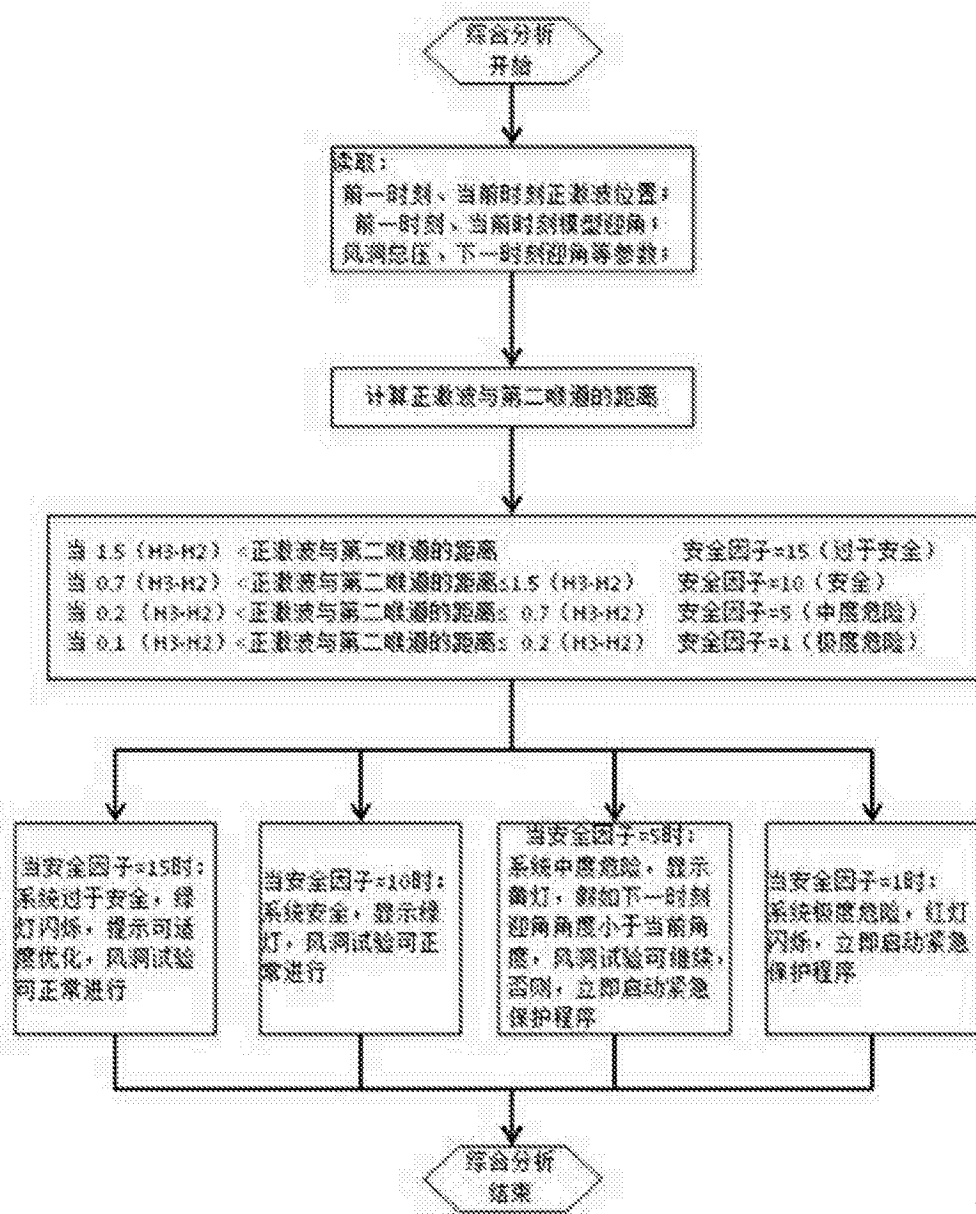


图 3