



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110044578 B

(45) 授权公告日 2020.10.30

(21) 申请号 201910348790.5

审查员 唐松柏

(22) 申请日 2019.04.26

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110044578 A

(43) 申请公布日 2019.07.23

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 吴杰 余涛 赵家权

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 李智 曹葆青

(51) Int. Cl.

G01M 9/04 (2006.01)

G01M 9/06 (2006.01)

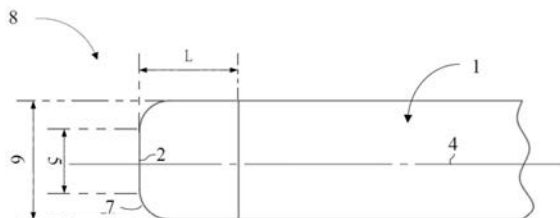
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置

(57) 摘要

本发明公开了一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,属于流体力学领域,皮托管装置包括主体和传感器,所述传感器位于主体的空心内腔,所述主体的材料为多孔金属材料;多孔材料具有微孔缝隙,可以在不破坏流场结构的同时对声波、涡波和熵波这些扰动波进行一部分的吸收。所述皮托管装置用于高超声速风洞压力脉动测量时,多孔金属材料构成的主体吸收流场扰动,减弱流场扰动在激波面和皮托管装置前端面之间的反射振荡,进而提高高超声速风洞压力脉动测量的准确性。由此解决现有的皮托管用于测量高超声速风洞的压力脉动时存在较大误差的技术问题。



1. 一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,其特征在于,包括主体和传感器,所述传感器位于主体的空心内腔,所述主体的材料为多孔金属材料;

所述皮托管装置用于高超声速风洞压力脉动测量时,多孔金属材料构成的主体吸收流场扰动,减弱流场扰动在激波面和皮托管装置前端面之间的反射振荡,由此提高测量的准确性,所述流场扰动包括声波、涡波和熵波;

所述多孔金属材料的孔径为0.05mm~0.2mm;所述多孔金属材料的孔隙率为50%~96%;所述多孔金属材料的渗透率为 $1 \times 10^{-9} \text{m}^2 \sim 1 \times 10^{-5} \text{m}^2$ 。

2. 如权利要求1所述的一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,其特征在于,所述皮托管装置还包括连接件,所述连接件位于主体的空心内腔,所述传感器位于连接件的空心内腔,所述连接件用于固定传感器。

3. 如权利要求2所述的一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,其特征在于,所述连接件的空心内腔包括第一段和第二段,第一段用于固定传感器,第二段为空心孔结构,用于固定传感器的尾部线缆。

4. 如权利要求2所述的一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,其特征在于,所述连接件、主体和传感器在同一中轴线上。

## 一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于流体力学领域,更具体地,涉及一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置。

### 背景技术

[0002] 目前开展高超声速空气动力学研究的主要地面实验研究平台是高超声速风洞。常规高超声速风洞建设完成后必须对其流场静态和动态品质进行鉴定,其中动态品质指的是自由来流扰动的模态特征。目前对于扰动模态特征的定量标定常用到风洞自由来流的压力脉动,密度脉动,总温脉动,静温脉动和速度脉动中的三个量。其中的压力脉动目前常用皮托管测得。皮托管具有皮实耐用,简单易操作等优点,被广泛用于高超声速实验压力和压力脉动量的测量。在高超声速气流中,皮托管前端附近会形成一道弓形激波。皮托管测得的数据即是激波后流动的总压和其脉动量。因此皮托数据需要经过传递函数换算出自由流动中的压力和其脉动量。由于自由流中的脉动穿过激波后的发展规律及机理尚且未知,目前较准确的是利用直接数值模拟的结果进行传递函数的拟合。通过直接数值模拟,可以发现自由流中的脉动量会在激波面和皮托管前端面之间来回反射形成振荡,造成皮托数据系统误差偏大。特别是由于共振效应,皮托管测得共振频率附近的压力脉动量的误差会更大。

[0003] 由此可见,现有的皮托管用于测量高超声速风洞的压力脉动时存在较大误差。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,由此解决现有的皮托管用于测量高超声速风洞的压力脉动时存在较大误差的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,包括主体和传感器,所述传感器位于主体的空心内腔,所述主体的材料为多孔金属材料;

[0006] 所述皮托管装置用于高超声速风洞压力脉动测量时,多孔金属材料构成的主体吸收流场扰动,减弱流场扰动在激波面和皮托管装置前端面之间的反射振荡,由此提高测量的准确性。

[0007] 进一步地,多孔金属材料的孔径为0.05mm~0.2mm。

[0008] 进一步地,多孔金属材料的孔隙率为50%~96%。

[0009] 进一步地,多孔金属材料的渗透率为 $1 \times 10^{-9} \text{m}^2 \sim 1 \times 10^{-5} \text{m}^2$ 。

[0010] 进一步地,皮托管装置还包括连接件,所述连接件位于主体的空心内腔,所述传感器位于连接件的空心内腔,所述连接件用于固定传感器。

[0011] 进一步地,连接件的空心内腔包括第一段和第二段,第一段用于固定传感器,第二段为空心孔结构,用于固定传感器的尾部线缆。

[0012] 进一步地,连接件、主体和传感器在同一中轴线上。

[0013] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0014] (1) 现有的皮托管中通常使用金属实心体,对超声速自由来流中的扰动会产生全反射,影响测量结果的准确性。多孔材料具有微孔缝隙,可以在不破坏流场结构的同时对声波、涡波和熵波这些扰动波进行一部分的吸收。所述皮托管装置用于高超声速风洞压力脉动测量时,多孔金属材料构成的主体吸收流场扰动,减弱流场扰动在激波面和皮托管装置前端面之间的反射振荡,进而提高高超声速风洞压力脉动测量的准确性。由此解决现有的皮托管用于测量高超声速风洞的压力脉动时存在较大误差的技术问题。

[0015] (2) 将多孔金属材料用于皮托管测量高超声速来流中的压力脉动可消除部分来流扰动的影响,带来的技术难题是不同属性的多孔金属材料,如渗透率、孔隙率等,对实验测量结果的修正结果不同,但是整体趋势较之常规金属实心体皮托管是良好趋势。为了克服以上困难,本发明通过高超声速风洞试验进行系列参数研究,确定有效提高实验数据可信度的多孔金属材料参数范围。多孔金属材料的孔径范围根据皮托管探头的尺寸而定。对于常规尺寸的皮托管探头,多孔金属材料的孔径为 $0.05\text{mm}\sim 0.2\text{mm}$ ,多孔金属材料的孔隙率为 $50\%\sim 96\%$ ,多孔金属材料的渗透率为 $1\times 10^{-9}\text{m}^2\sim 1\times 10^{-5}\text{m}^2$ 。合适的参数选定对于消除皮托管探头与脱体激波之间的声波扰动有良好效果,可以提高皮托管在高超声速流场中测量结果的准确度。

## 附图说明

[0016] 图1是本发明实施例1提供的一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置的结构示意图;

[0017] 图2是本发明实施例1提供的一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置的部件分解图;

[0018] 图3是本发明实施例1提供的一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置的部件组装图;

[0019] 图4是本发明实施例2提供的一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置的结构示意图;

[0020] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0021] 1为主体,11为主体前段,12为主体后段,2为传感器,3为连接件,4为中轴线,5为前端平面,6为圆柱肩部,7为过渡圆角,8为皮托管装置。

## 具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0023] 一种用于高超声速风洞压力脉动测量的皮托管装置,包括主体和传感器,所述传感器位于主体的空心内腔,所述主体的材料为多孔金属材料;

[0024] 所述皮托管装置用于高超声速风洞压力脉动测量时,多孔金属材料构成的主体吸

收流场扰动,减弱流场扰动在激波面和皮托管装置前端面之间的反射振荡,由此提高测量的准确性。

[0025] 其中,多孔金属材料的孔径为 $0.05\text{mm}\sim 0.2\text{mm}$ ,多孔金属材料的孔隙率为 $50\%\sim 96\%$ ,多孔金属材料的渗透率为 $1\times 10^{-9}\text{m}^2\sim 1\times 10^{-5}\text{m}^2$ 。

[0026] 皮托管装置还包括连接件,所述连接件位于主体的空心内腔,所述传感器位于连接件的空心内腔,所述连接件用于固定传感器。连接件的空心内腔包括第一段和第二段,第一段用于固定传感器,第二段为空心孔结构,用于固定传感器的尾部线缆。连接件、主体和传感器在同一中轴线上。

[0027] 本发明可以根据高超声速风洞流场测试的要求,坚直或水平安装于风洞试验段的指定位置,在所述多孔金属材料构成的主体部分的消波作用下(消除不同类型的扰动子模态,如声波、涡波和熵波,但是对声波效果最为明显),皮托管装置能大大提高高超声速风洞自由来流压力脉动的测量精度。

[0028] 实施例1

[0029] 图1中示出了实施例1的结构图。皮托管装置8包括圆柱形的主体1和传感器2,以及以圆柱形的主体和传感器的中轴线4为旋转中心的内部支撑的连接件3。在图1的实施例1中,圆柱形的主体包括前端平面5和圆柱肩部6以及两者之间的过渡圆角7。其中,过渡圆角7可能被移除或者被其他在空气动力学上适合的轮廓所替代。在实施例1中考虑到机加工问题,将圆柱外形的主体沿着中轴线距离前端平面L处分成两段。长度L受到传感器轴向长度和内部支撑的连接件设计的影响。

[0030] 图2示出的皮托管装置分解横截面图,该皮托管可以通过构成主体的多孔金属材料的透波特性缓解超声速流动中皮托管测量的扰动反射问题。主体包括主体前段11和主体后段12。

[0031] 图3示出组装好的管件,皮托管装置的主体1由多孔金属材料形成,实施例1中多孔金属材料为三维开孔式镍合金。该主体被分为两段加工。主体前段11包含容纳传感器的空腔和与连接件配合的内螺纹,主体后段12包含容纳连接件的空腔。

[0032] 超声速流动在皮托管主体部分前端形成弓形激波,流场中的扰动在皮托管前端面和激波面之间来回反射形成扰动振荡,影响皮托管对流场压力及其脉动量的测量。并且由于弓形激波的聚焦效应,被激波面反射的扰动会汇集在传感器的压力感应区域,进一步加大皮托测量的不确定性。实施例1通过多孔金属材料形成的主体对流场扰动的吸收,可以缓解扰动在激波面和皮托管前端面之间的反射振荡问题。由此提高皮托管对高超声速流场测量的准确性。

[0033] 皮托管装置所包含的传感器在实施例1中选用kulite XCQ-062型号的压力传感器。其中,传感器还可选为其他型号压力传感器或其他类型传感器,如温度传感器。

[0034] 皮托管装置8内部的连接件3在实施例1中由普通金属45钢形成,该连接件3具有和皮托管装置的主体1连接配合的外螺纹和容纳传感器2及其线缆的圆柱形空腔结构。除此之外,连接件3还具有将传感器2准确定位的内圆柱台阶和将皮托管装置的主体1准确定位的外圆柱台阶。皮托管装置的主体1的主体后段12直接套在连接件3的外围与皮托管装置的主体1的主体前段11平面配合。连接件3也可以选用其他材料形成,可以改变与主体1和传感器2的连接定位形式。连接件3起到整个皮托管装置的支撑作用和将所有皮托管装置的部件定

位连接成一个整体的作用。

[0035] 实施例2

[0036] 图4展示出能减弱扰动反射的超声速测量所用皮托管的不同方式。在实施例2中皮托管装置直接由主体1和传感器2构成。由多孔金属材料形成的主体1可以减小对超声速流场中扰动的反射。主体1和传感器2之间的定位连接均是由主体1的空心内腔完成。主体1的外部轮廓可由适合空气动力学外形来改动。传感器2可选用不同型号和类型的传感器。

[0037] 将多孔金属材料用于皮托管测量高超声速来流中的压力脉动可消除部分来流扰动的影响,带来的技术难题是不同属性的多孔金属材料,如渗透率、孔隙率等,对实验测量结果的修正结果不同,但是整体趋势较之常规金属实心体皮托管是良好趋势。为了克服以上困难,本发明通过高超声速风洞试验进行系列参数研究,确定有效提高实验数据可信度的多孔金属材料参数范围。多孔金属材料的孔径范围根据皮托管探头的尺寸而定。对于常规尺寸的皮托管探头,实施例1和实施例2中多孔金属材料的孔径为0.05mm~0.2mm,多孔金属材料的孔隙率为50%~96%,多孔金属材料的渗透率为 $1 \times 10^{-9} \text{m}^2 \sim 1 \times 10^{-5} \text{m}^2$ 。合适的参数选定对于消除皮托管探头与脱体激波之间的声波扰动有良好效果,可以提高皮托管在高超声速流场中测量结果的准确度。

[0038] 本领域的技术人员容易理解,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,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。

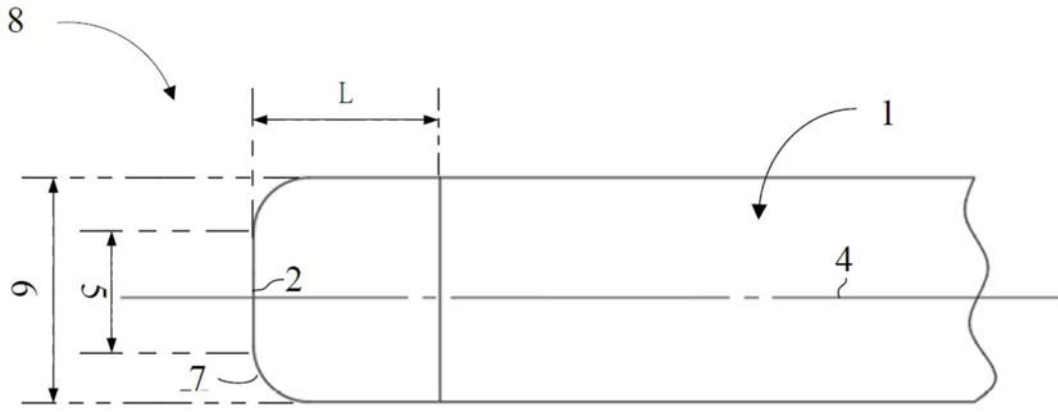


图1

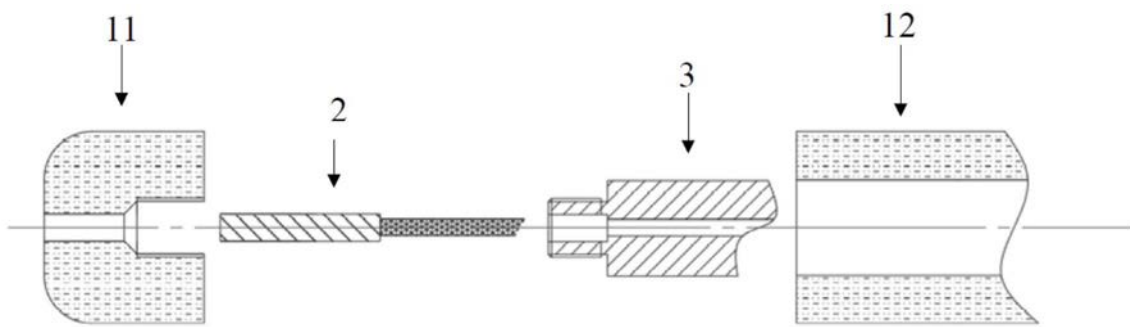


图2

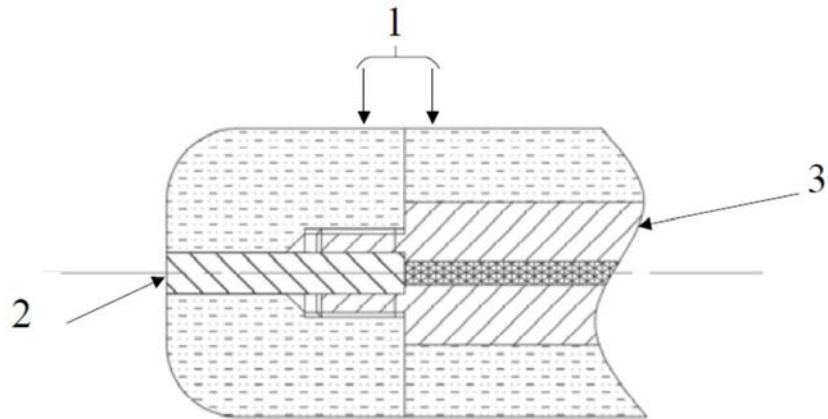


图3

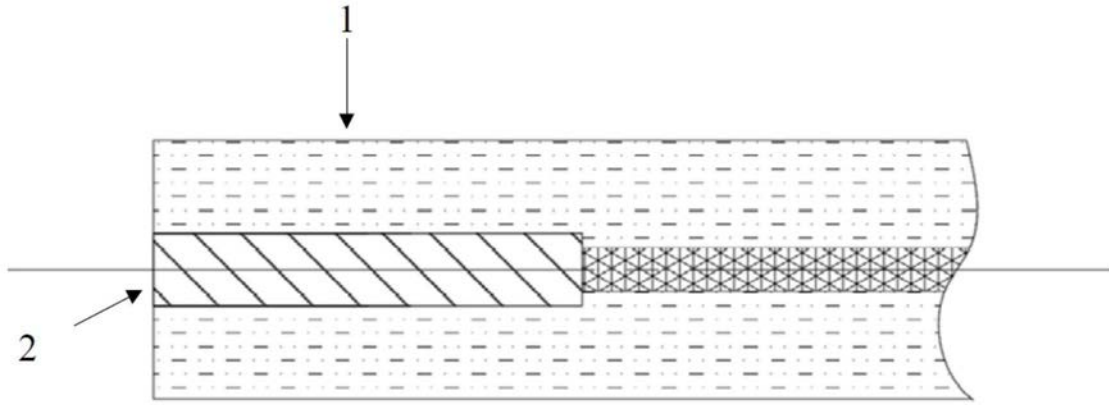


图4