



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108802423 B

(45)授权公告日 2020.01.03

(21)申请号 201810604669.X

(22)申请日 2018.06.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108802423 A

(43)申请公布日 2018.11.13

(73)专利权人 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 瑞尼·阿里斯曼 王一帆 胡天翔

刘沛清 屈秋林

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所

11121

代理人 冀学军

(51)Int.Cl.

G01P 5/24(2006.01)

G01P 5/01(2006.01)

(56)对比文件

CN 107102166 A, 2017.08.29, 全文.

CN 107607158 A, 2018.01.19, 全文.

CN 1608198 A, 2005.04.20, 全文.

CN 104865404 A, 2015.08.26, 全文.

US 7437947 B1, 2008.10.21, 全文.

US 6644128 B1, 2003.11.11, 全文.

审查员 王宁

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法

(57)摘要

本发明公开了一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法,属于流体力学领域。将各微型声探测器分别布置于被测风机内部,针对某个声探测器A,发出相位确定的一个声信号给流动边界层的某流动涡K并发生反射,得到A与涡K的i方向上的多普勒频移速度分量;同理,另一声探测器B得到涡k在j方向上的多普勒频移速度分量;将不同的速度分量叠加,得到涡K的速度大小和方向;各探测器以恒定的时间间隔发出脉冲声波信号,得到多个涡的对应方向上的多普勒频移分量;布置的若干声探测器呈线型或平面垂直,分别实现对流动边界层内部流动平面速度场和三维速度场的测量。本发明瞬时反应迅速优势且误差小,消耗的资源少,有很重要的推动意义。



1. 一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法,其特征在于,具体步骤如下:

步骤一、针对工业风机,在不改变原有结构的外部形状和周围流场的条件下,将微型声探测器依据探测需求分别布置于被测风机内部;

步骤二、针对某个微型声探测器A,发出相位确定的一个声信号给流动边界层的某流动涡K;

步骤三、声探测器A发出的原始信号在遇到涡K时发生反射,得到声探测器A与涡K的i方向上的多普勒频移速度分量 Δv_i ;

$$\Delta v_i = \frac{v(\vec{o} - \vec{t})\vec{v}}{a}$$

式中: v 为原始信号频率; $\vec{v}$ 为流场湍流中涡的流动方向; $\vec{o}$ 为声波发射路径向量; $\vec{t}$ 为声波反射路径向量; a 为当地声速;

步骤四、同理,另一声探测器B得到涡K在j方向上的多普勒频移速度分量 Δv_j ;

步骤五、将不同声探测器在涡K的不同方向上得到多普勒频移的速度分量叠加,得到流动涡K的速度大小和方向;

涡K的速度 v_k : $\mathbf{V}_k = \Delta v_i + \Delta v_j$

步骤六、各探测器以恒定的时间间隔发出脉冲声波信号,得到流动边界层内多个涡的对应方向上的多普勒频移速度分量;

步骤七、布置的若干声探测器呈线型或平面垂直,分别实现对流动边界层内部流动平面速度场和三维速度场的测量。

2. 如权利要求1所述的一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法,其特征在于,所述步骤一中,微型声探测器的布置方法为:

依据风机的叶片展长与弦长之比呈散点状布置二维微型声探测器,沿叶片根部至梢部;

其中,沿径向布置的二维微型声探测器探测流管内截面的流动现象,沿弦向布置的二维微型声探测器探测沿流向内截面的流动现象;

三维微型声探测器的安装数量根据精细要求进行增减;

各微型声探测器的反馈信号直接接入计算机或连接至专用压电信号处理设备中。

3. 如权利要求1所述的一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法,其特征在于,所述的步骤六具体为:声探测器A与各涡的i方向上均产生多普勒频移速度分量;声探测器B与各涡的j方向上均产生多普勒频移速度分量。

4. 如权利要求1所述的一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法,其特征在于,所述的若干声探测器的布置方式为散点状。

一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法

技术领域

[0001] 本发明属于流体力学领域,涉及气动声学,具体是一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法。

背景技术

[0002] 早期流动速度测量主要通过压力的直接作用,借助压力-速度关系(如伯努利原理)直接获得速度大小。如在实际中使用广泛的测速装置—空速管,是一种结构简单、突触式的流动测量装置,通过膜盒外的静压与膜盒内动压的差别得到速度大小,结构简单且适用范围广,在航空航天领域应用广泛。但是其测量结果是没有方向的,并且只能得到单个点的数据,对于气动数据要求复杂的飞机和工业旋转机械来说不能满足要求,突触外伸式的结构也会影响周围的流动。

[0003] 随着流动测量要求的提高,为了获得精确的全场速度。目前在实验中,流动显示测量速度场的技术主要采用热线热膜风速计(简称HWFA)、激光测速技术(简称LDV或LDA)、相位多普勒技术(简称PDPA或PDA)或者粒子成像速度场仪(PIV)。

[0004] 其中,热线热膜风速计要将电流金属丝置于流道中,如参考文献1:盛森芝,徐月亭,袁辉靖近十年来流动测量技术的新发展,力学与实践,2002年24卷第5期.热线在气流中的散热量与流速之间的关系可通过电信号实现转变从而获得速度场,但是热线测量过程需要内伸探针,并且需要调节时间,整个处理系统复杂,耗费时间长。而激光测速技术(LDV)面临的最大问题在于这是一个单点测量技术,不能进行瞬时流场结构的测量。相位多普勒技术和粒子成像速度场仪(PIV)采用粒子示踪,通过测量两个相邻时间图像中粒子的位移(时间间隔已知)来进行速度测量。对于高速流动来说,为了满足跟随性要求,示踪粒子要非常小,这导致粒子的散射光可能太弱,难以被一般PIV系统中的检测镜头所正常检测到。另外,垂直于片光的速度分量可能破坏PIV图像之间的相关性;都需要示踪粒子的反射来进行流动显示,且过程中需要一套大体积的图像采集和信号处理系统来得到全场的速度场分布,如参考文献2:张洪军,吕进多普勒全场测速技术的进展,力学进展,2007年第37卷第三期。

[0005] 考虑到在实际工程应用中,装备的尺寸大小是一个重要的指标,要求尽可能小的安装在设备上,以上这样的大型流动测量技术不能满足要求。另一方面,对于飞行器以及部分工业旋转机械,所处的流动环境为无固壁的开放环境,全场速度场对于设备使用和操作者会存在部分冗余数据。为了提高设备使用寿命和性能,使用者可以通过近壁面速度场的信息反馈来进行优化和调整。

[0006] 作为流动本身,边界层内部湍流结构复杂,但是其中重要的是流动分离和失速现象,因为这直接影响着流场中物体的升阻力,也是实际操作人员和工程研究人员最关心的问题。

发明内容

[0007] 本发明为了简化测量手段,保证流场内部有效结构尽可能多的掌握和对流场影响

小等方面出发,提出了一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法。

[0008] 具体步骤如下:

[0009] 步骤一、针对工业风机,在不改变原有结构的外部形状和周围流场的条件下,将微型声探测器依据探测需求分别布置于被测风机内部;

[0010] 依据风机的叶片展长与弦长之比呈散点状布置二维微型声探测器,沿叶片根部至梢部。

[0011] 其中,沿径向布置的二维微型声探测器探测流管内截面的流动现象,沿弦向布置的二维微型声探测器探测沿流向内截面的流动现象。

[0012] 对于三维微型声探测器的安装数量,根据精细要求进行增减。

[0013] 各微型声探测器的反馈信号直接接入计算机或连接至专用压电信号处理设备中。

[0014] 步骤二、针对某个微型声探测器A,发出相位确定的一个声信号给流动边界层的某流动涡K;

[0015] 步骤三、声探测器A发出的原始信号在遇到涡K时发生反射,得到声探测器A与涡K的i方向上的多普勒频移速度分量 Δv_i ;

$$[0016] \quad \Delta v_i = \frac{v(\vec{o} - \vec{t}) \cdot \vec{v}}{a}$$

[0017] 式中: v 为原始信号频率; $\vec{v}$ 为流场湍流中涡的流动方向; $\vec{o}$ 为声波发射路径向量; $\vec{t}$ 为声波反射路径向量; a 为当地声速。

[0018] 步骤四、同理,另一声探测器B得到涡k在j方向上的多普勒频移速度分量 Δv_j ;

[0019] 步骤五、将不同声探测器在涡K的不同方向上得到多普勒频移的速度分量叠加,得到流动涡K的速度大小和方向;

[0020] 涡k的速度 v_k : $\mathbf{V}_k = \Delta v_i + \Delta v_j$

[0021] 步骤六、各探测器以恒定的时间间隔发出脉冲声波信号,得到流动边界层内多个涡的对应方向上的多普勒频移分量。

[0022] 声探测器A与各涡的i方向上均产生多普勒频移分量;声探测器B与各涡的j方向上均产生多普勒频移分量;

[0023] 步骤七、布置的若干声探测器呈线型或平面垂直,分别实现对流动边界层内部流动平面速度场和三维速度场的测量。

[0024] 若干声探测器的布置方式为散点状。

[0025] 本发明的优点在于:

[0026] 一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法,与传统的流动测速装置相比具有结构对流动影响小、瞬时反应迅速优势且误差小。与流体力学实验设备相比,信号处理步骤和所消耗的资源少,避免了信息的二次筛选,更贴近实际工程需要,在航空航天、工业生产控制检测领域有很重要的推动意义。

附图说明

[0027] 图1为本发明一种通过非外伸式微缩声探测器进行流动测量的方法流程图;

- [0028] 图2为本发明实施例采用的工业轴流风机结构示意图；
- [0029] 图3为本发明实施例采用的工业轴流风机旋叶结构示意图；
- [0030] 图4为本发明反映流场中某一涡的探测于二维平面速度显示示意图；
- [0031] 图5为本发明若干声探测器的散点状布置示意图。

具体实施方式

[0032] 下面将结合附图和实例对本发明作进一步的详细说明。

[0033] 本发明涉及一种测量流体流动边界层的非外延伸、非突触式的声学测量方法，是一种针对流动的快速显示方法，且这种方法对流动自身的运动影响尽可能的小。从自身原理上来说，通过声与涡旋速度的直接关系，对附面边界层的流场显示。以飞机短距起飞为例，此时，飞机起飞的最小喷量就成了一个核心要解决的问题。飞机通过对外部流场的迅速观测来进行控制这一参数，就要尽可能快的捕捉外部附面流场的涡，这种时候就可以通过机翼上内置的声探测器来测量边界层的湍流特征，来达到目的。而由于流动直接会影响结构内部力，所以工业设备也需要直接检测这种流场带来的附加载荷，而关于载荷的最佳信息提取参数是边界层，因为它们彼此紧密相连。由此可以通过这种方法，实现二维或三维速度边界层的快速显示。

[0034] 本发明采用了声探测器，通过边界层内涡对声音信号反射后频率与强度的影响和变化，得到边界层内某一方向的速度大小，在多探测器布置和相位变换下，获得了边界层内某一点或者平面内的速度大小、方向甚至是其中的湍流结构显示的技术效果。

[0035] 如图1所示，具体步骤如下：

[0036] 步骤一、针对工业风机，在不改变原有结构的外部形状和周围流场的条件下，将微型声探测器依据探测需求分别布置于被测风机内部；

[0037] 如图2和图3所示，对于这种风机叶片主要关心的流动为流向和径向流动两种，因此对于这种风机布置是：依据风机的叶片展长与弦长之比布置二维微型声探测器，沿叶片根部至梢部。其中，沿径向布置的一条直线的二维微型声探测器探测流管内一截面的流动现象，沿弦向一条直线布置的二维微型声探测器探测沿流向内一截面的流动现象。通过这种方法呈散点状布置于叶片内部的声探测器就可测量出内部全流场的情况。而对于三维声探测器，主要考虑声探测器的处理速度，根据精细要求可增减探测器的数目。

[0038] 各微型声探测器的反馈信号可根据信号的不同，直接接入计算机或连接至专用压电信号处理设备中。

[0039] 步骤二、针对某个微型声探测器A，发出相位确定的一个声信号给流动边界层内存在的某流动涡K；

[0040] 步骤三、声探测器A发出的原始信号在遇到涡K时发生反射，得到声探测器A与涡K的i方向上的多普勒频移速度分量 Δv_i ；

[0041] 如图4所示，由于多普勒效应，原有发出声信号的相位和频率发生变化并反射回声探测器上，在声探测器与涡的方向存在着多普勒频移，通过数学计算直接转换成该方向的速度信息：

$$[0042] \quad \Delta v_i = \frac{v(\vec{o} \cdot \vec{t})\vec{v}}{a}$$

[0043] 式中： v 为原始信号频率； $\vec{v}$ 为流场湍流中涡的流动方向； $\vec{o}$ 为声波发射路径向量； $\vec{t}$ 为声波反射路径向量； a 为当地声速。

[0044] 步骤五、同理，另一声探测器B得到涡 k 在 j 方向上的多普勒频移速度分量 Δv_j ；

[0045] 步骤六、将不同声探测器在涡 K 的不同方向上得到多普勒频移的速度分量叠加，得到流动涡 K 的速度大小和方向；

$$[0046] \quad \text{涡}k\text{的速度}v_k: \vec{v}_k = \Delta v_i + \Delta v_j$$

[0047] 步骤七、各探测器以恒定的时间间隔发出脉冲声波信号，得到流动边界层内多个涡的对应方向上的多普勒频移分量。

[0048] 确保被散射信号可以从原始信号中分离出来，同一声探测器发出信号的相位变化可以保证同时接收和处理多个反射信号；由此一个声探测器得到了边界层流动内多个涡的某一方向速度分量。声探测器A与各涡的 i 方向上均产生多普勒频移分量；声探测器B与各涡的 j 方向上均产生多普勒频移分量；

[0049] 步骤八、布置的若干声探测器呈线型或平面垂直，分别实现对流动边界层内部流动平面速度场和三维速度场的测量。

[0050] 如图5所示，若干声探测器的布置方式为散点状。

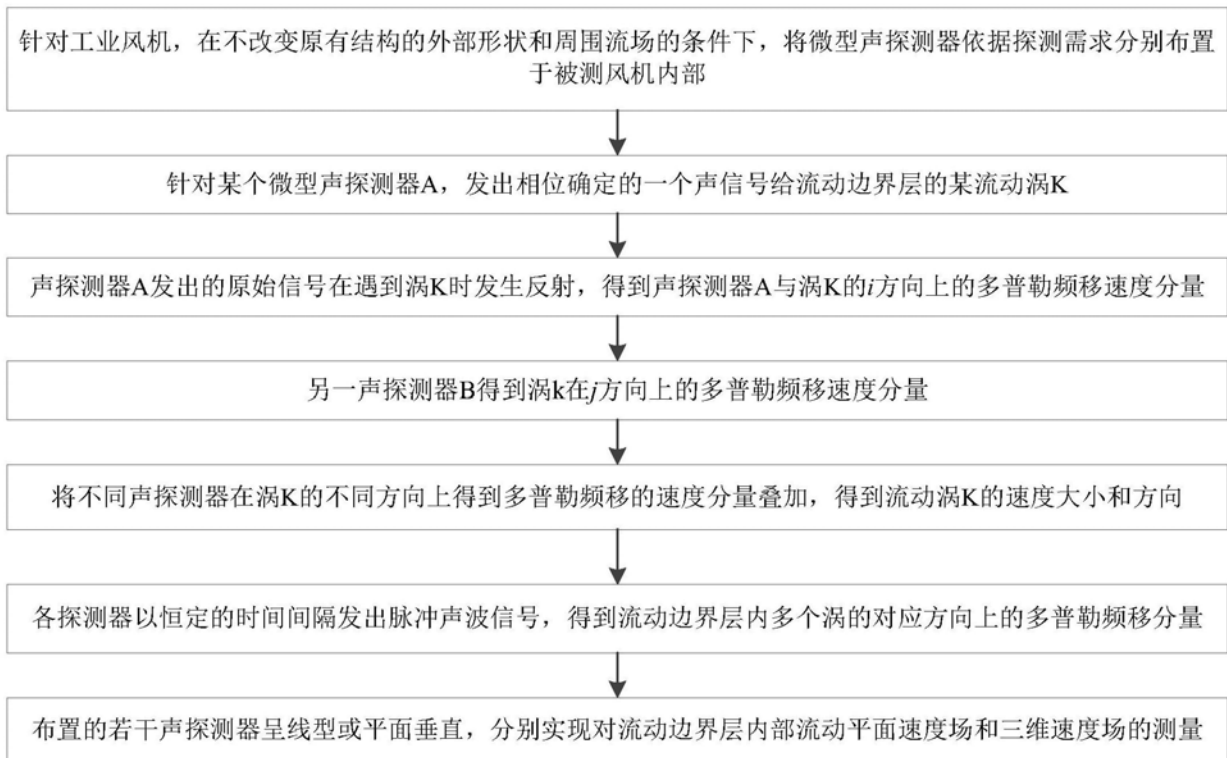


图1

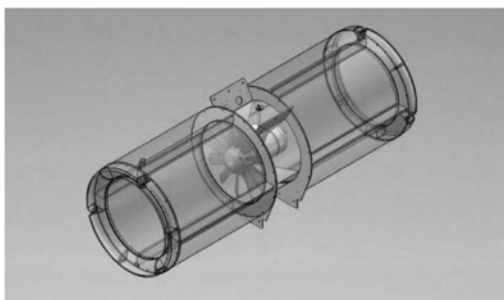


图2

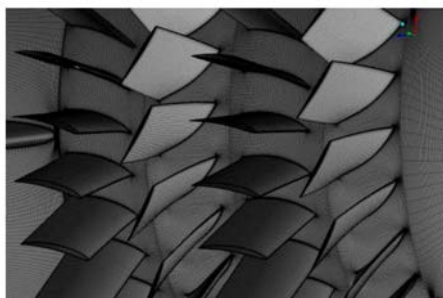


图3

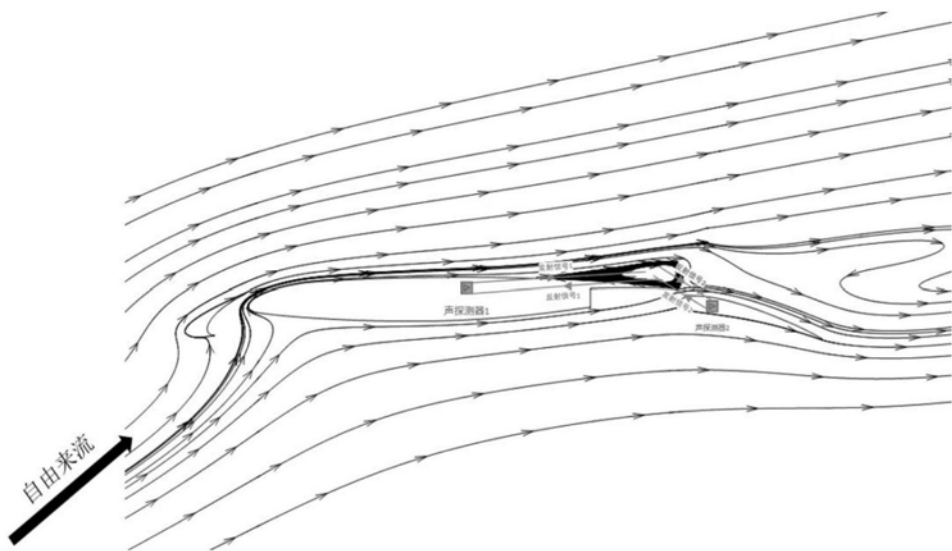


图4

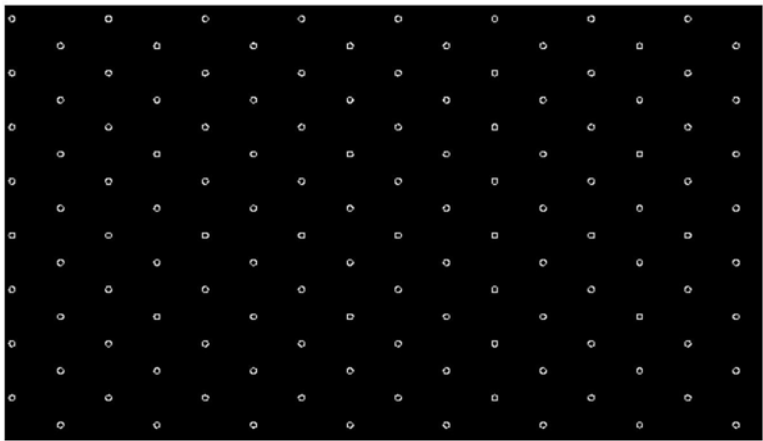


图5