



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105890804 B

(45)授权公告日 2019.05.17

(21)申请号 201610214774.3

(22)申请日 2016.04.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105890804 A

(43)申请公布日 2016.08.24

(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 马宏伟 马融

(51)Int.Cl.

G01K 13/02(2006.01)

审查员 董立静

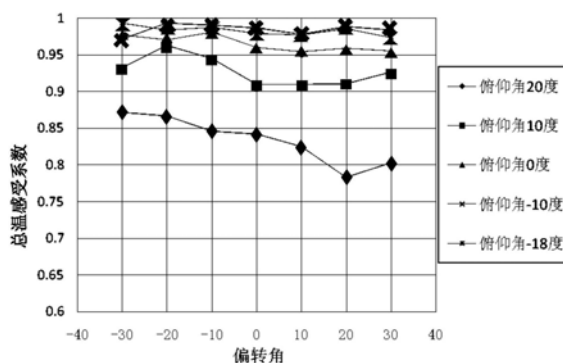
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法

(57)摘要

本发明公开了一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法。在发动机、叶轮机等试验中,一般采用热电偶、热电阻、总温梳、总温耙等温度受感器测量气流总温。目前这些受感器测得的温度数据,一般忽略三维气流速度造成的误差,认为就是被测点的气流总温,容易造成较大测量误差。本专利发明了一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法,提出总温感受系数与气流马赫数、偏转角、俯仰角之间关联,通过校准实验建立其映射关系,利用校准数据和相关流场信息,能把受感器测得的温度数据换算出气流总温。这种方法能够减少温度受感器测量气流总温的三维速度误差,有效提高温度受感器测量气流总温的精度。



1. 一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法, 提出温度受感器的总温感受系数 γ 与气流马赫数 M 、气流偏转角 α 、气流俯仰角 β 之间关联; 先利用校准风洞实验对温度受感器进行校准, 通过校准风洞实验获得该温度受感器在来流不同气流马赫数 M 、不同气流偏转角 α 、不同气流俯仰角 β 下的总温感受系数 γ , 即获得温度受感器的总温感受系数 γ 与气流马赫数 M 、气流偏转角 α 、气流俯仰角 β 之间的对应关系; 再在温度受感器实际测量时, 根据被测点的气流马赫数 M 、气流偏转角 α 、气流俯仰角 β , 由校准风洞实验获得的温度受感器的总温感受系数 γ 与气流马赫数 M 、气流偏转角 α 、气流俯仰角 β 之间的对应关系, 得到该温度受感器在此情况下的总温感受系数 γ , 再利用总温感受系数 γ 的定义做恒等变形, 通过数据处理把温度受感器实测流场得到的温度数据 T_p 换算出该点气流的总温 T_0 。

2. 根据权利要求1所述的一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法, 温度受感器的总温感受系数 γ 定义是:

$$\gamma = 1 - \frac{T_0 - T_p}{T_0} \left[1 + \frac{2}{(k-1)M^2} \right]$$

或其恒等变形, 如

$$\gamma = 1 - \frac{T_0 - T_p}{T_0 \left[1 - \left(\frac{p_s}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

k 为气体比热比, p_s 为气流静压, p_0 为气流总压, T_p 为受感器测得的温度, M 为气流马赫数。

3. 根据权利要求1所述的一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法, 其特征是: 适用范围包括采用热电偶、热电阻温度传感器的测量探针。

4. 根据权利要求1所述的一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法, 其特征是: 适用范围包括单点温度受感器、多点温度受感器, 叶型温度受感部、总温探针、测温耙、测温梳。

一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及采用接触式温度受感器,如采用热电偶、热电阻等传感器的温度探针,测量气流总温的技术领域,特别涉及一种减小三维速度误差、提高温度受感器测量气流总温精度的方法。

背景技术

[0002] 当气流绕浸在气流中的物体流动时,在物体上正对来流的所谓临界点,由于气流的滞止作用,气流速度等于零,在这一点温度就达到最大值,这个温度就是总温,又叫滞止温度。在稳定流动中,总温变化可用来度量热或功转移。

[0003] 目前工程上一般采用接触式温度受感器测量气流总温,包括单点总温受感器、多点总温受感器,如单点热电偶总温探针、总温梳、总温耙等。

[0004] 事实上,温度受感器具有一定的空间尺寸,如热电偶测量端的球状头部,只有在正对来流的滞止点上,感受的才是气流的总温,受感器的其它部位感受的温度都低于总温,即使受感器头部加装滞止罩,由于为了让受感器感受到新鲜来流的总温、减少导热误差,滞止罩下游壁面上开有泄流孔,受感器头部周围还是有一定的速度,气流并没有完全滞止下来,这样,温度受感器测得的温度实际上低于总温,而且与气流偏转角、俯仰角和马赫数有关。目前的测量方法和技术,一般认为上述温度受感器测得的温度数据,就是被测量点的总温,即使进行修正,也只进行了一维速度的修正,忽略了三维气流速度造成的误差,容易造成较大测量误差,尤其在来流速度高、来流方向变化剧烈的工况。

[0005] 本专利发明了一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法,提出总温感受系数与气流马赫数、气流偏转角、气流俯仰角之间关联,通过校准实验建立其映射关系,利用校准数据和相关流场信息,能把受感器测得的数据换算出气流总温。使用这种方法能够减少受感器测量总温的速度误差,有效提高温度受感器测量气流总温的精度。

发明内容

[0006] 本发明主要解决的技术问题是:发明了一种提高温度受感器测量气流总温精度的方法,能减少受感器测量气流总温的三维速度误差,可以有效提高温度受感器测量气流总温的精度。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:引入温度受感器的总温感受系数的定义,先利用校准实验获得温度受感器的总温感受系数 γ 与气流马赫数 M 、气流偏转角 α 、气流俯仰角 β 之间的对应关系;再在实际测量时,根据被测点的气流马赫数、气流偏转角、气流俯仰角,由校准数据得到温度受感器的总温感受系数,再利用总温感受系数的定义做恒等变形,通过数据处理能把受感器实测流场得到的温度数据 T_p 换算出气流总温 T_0 。

[0008] 与现有技术相比,采用本发明的方法可以达到以下技术效果:

[0009] 1. 本发明指出温度受感器的总温感受系数不仅受马赫数、气流偏转角影响,还受气流俯仰角影响,提出总温感受系数同时与马赫数、气流偏转角、气流俯仰角关联,考虑了

三维速度对温度受感器测量总温的误差影响,并提出了修正方法。

[0010] 2.现有的温度受感器测量气流总温,很少进行速度误差修正,进行的速度误差修正只考虑了一维速度影响,没有认识到气流偏转角、俯仰角变化也会带来温度受感器速度误差的变化,没有进行包含气流偏转角、俯仰角影响的三维速度误差修正。

[0011] 3.本发明能够有效减少温度受感器测量气流总温的三维速度误差,大大提高温度受感器测量气流总温的精度。

附图说明

[0012] 图1是气流俯仰角 β 、偏转角 α 定义,与温度受感器的相对关系。

[0013] 图2是带滞止罩的热电偶示意图。

[0014] 图3是校准风洞实验系统示意图,通过校准实验,可以获得温度受感器的总温感受系数。校准风洞实验系统包括1阀门、2离心风机(气源)、校准风洞(含3稳压箱、收缩段、7实验段等)、测量来流的4总压探针、5总温探针、6静压探针、8位移机构、9待校探针、10压力传感器、11温度变送器、14大气压力计、12数采系统、13计算机系统。

[0015] 图4、图5分别为某温度受感器在 $M=0.5$ 、 $M=0.8$ 时总温感受系数与气流偏转角和俯仰角的关联,是通过校准风洞实验实际测量得到的,可以看到,不同马赫数、不同气流偏转角、不同气流俯仰角来流情况下,该温度受感器的总温感受系数数值不同。

具体实施方式

[0016] 1、引入温度受感器的总温感受系数的定义:

$$[0017] \quad \gamma = 1 - \frac{T_0 - T_p}{T_0} \left[1 + \frac{2}{(k-1)M^2} \right]$$

[0018] 或其恒等变形,如

$$[0019] \quad \gamma = 1 - \frac{T_0 - T_p}{T_0 \left[1 - \left(\frac{p_s}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

[0020] k 为气体比热比, p_s 为气流静压, p_0 为气流总压, T_p 为受感器测得的温度。

[0021] 2、利用校准实验,获得温度受感器的总温感受系数 γ 与气流马赫数 M 、气流偏转角 α 、气流俯仰角 β 之间的对应关系。

[0022] 可以利用如图所示的校准风洞实验系统对温度受感器总温感受系数进行校准。校准风洞实验系统包括离心风机(气源)、校准风洞(含稳压箱、收缩段、实验段等)、测量来流的总压探针、总温探针、静压探针、位移机构、压力传感器、温度变送器、大气压力计、计算机数据采集系统。

[0023] 在风洞稳压箱出口测量气流的总温和总压,在实验段壁面开有静压孔以测量静压。

[0024] 被校温度受感器通过位移机构定位在风洞实验段,受感器与气流之间的偏转角和俯仰角,可以通过位移机构改变、测量,通过调整气源工况可以改变来流的马赫数。

[0025] 在每一个马赫数下,改变俯仰角,比如 $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$,间隔 10° ;在每一个俯仰角位置,改变偏转角,比如 $-30^{\circ} \sim +30^{\circ}$,间隔 10° ,分别测量气流总温、总压、静压、马赫数、被校温度传感器的温度测量值,计算得到温度传感器在不同马赫数、不同俯仰角、不同偏转角下的总温感受系数,并进行关联。

[0026] 图3为某温度传感器在 $M=0.5$ 时总温感受系数与气流偏转角和俯仰角的关联,图4为某温度传感器在 $M=0.8$ 时总温感受系数与气流偏转角和俯仰角的关联。

[0027] 3、在实际测量完成后,根据被测点的气流马赫数、气流偏转角、气流俯仰角,由上述校准关联数据,比如,某温度传感器在 $M=0.5$ 、气流偏转角 -10° 、气流俯仰角 20° 时,可知,总温感受系数为0.46。

[0028] 4、再利用总温感受系数的定义做恒等变形,通过数据处理能把传感器实测流场得到的温度数据 T_p 换算出气流总温 T_0 。

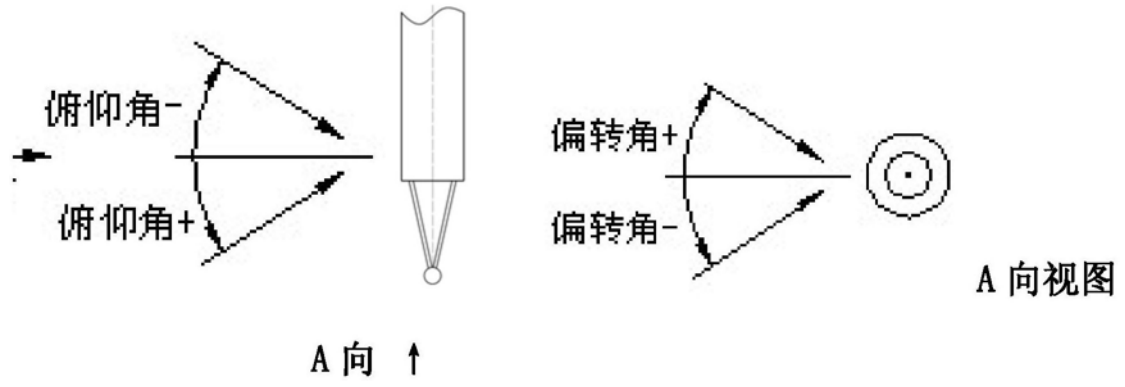


图1

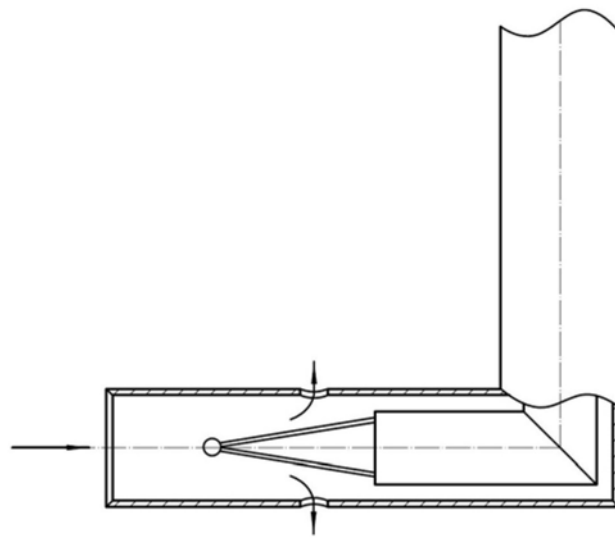


图2

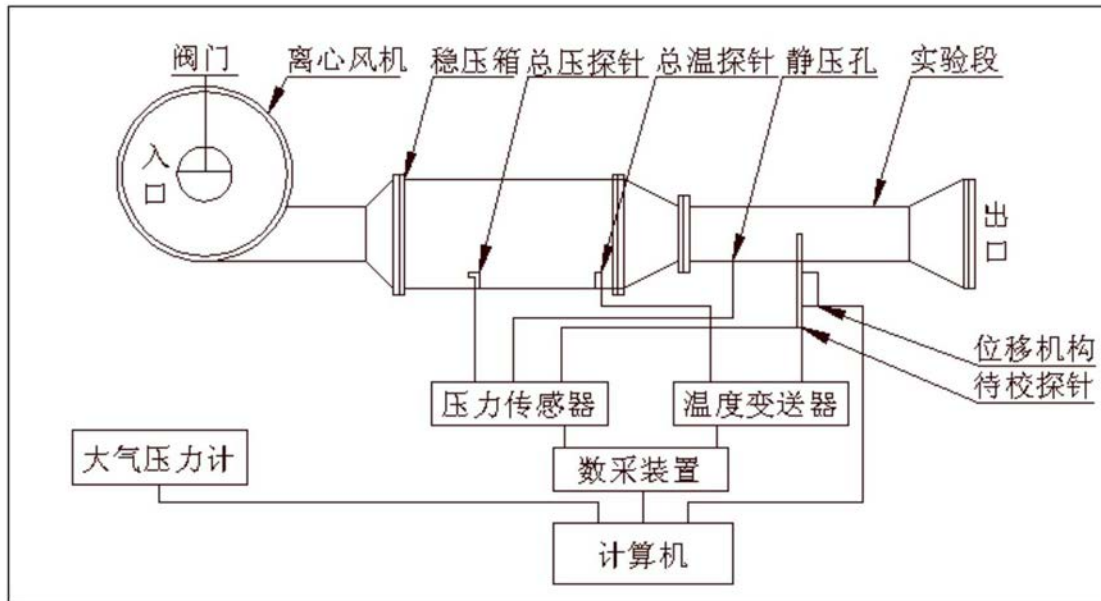


图3

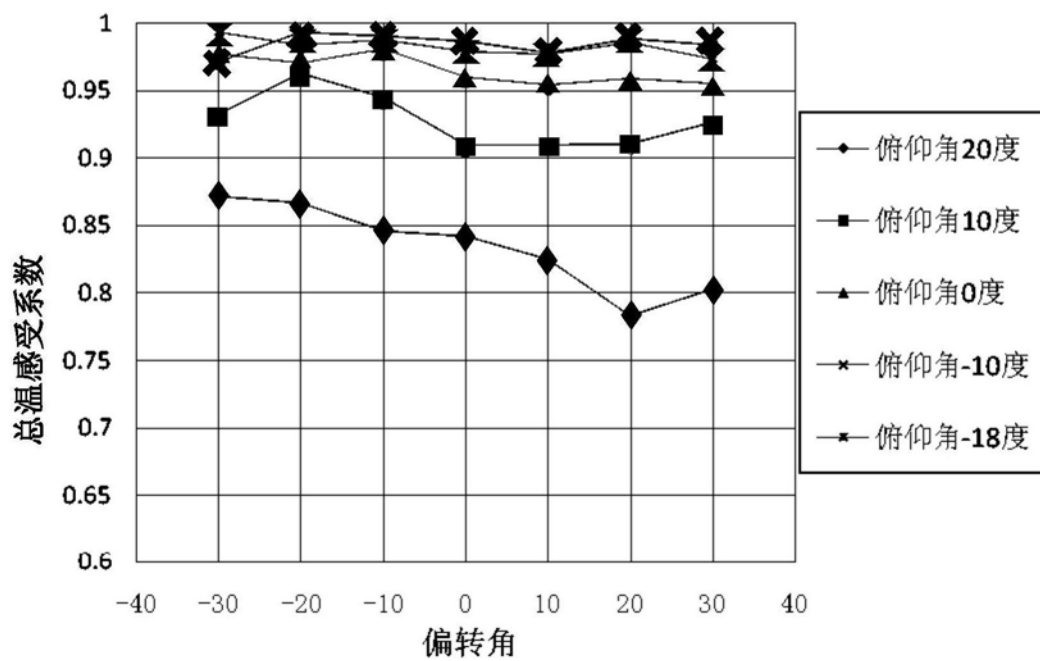


图4

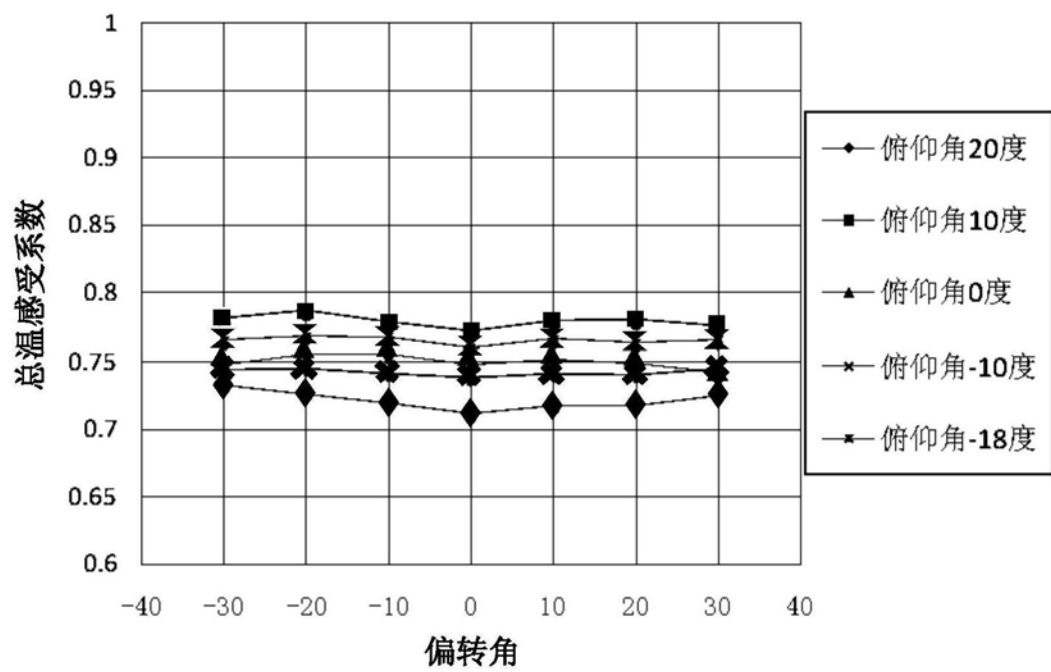


图5