



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201795822 U

(45) 授权公告日 2011.04.13

(21) 申请号 200920244134.2

(22) 申请日 2009.11.20

(73) 专利权人 中国航空工业空气动力研究院

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区一曼街 2 号 (哈尔滨市 88 号信箱)

(72) 发明人 高静 宋志安 闫永昌 周志坚
魏立辉 李长坤

(51) Int. Cl.

G01F 15/00 (2006.01)

G01F 15/02 (2006.01)

G01F 1/86 (2006.01)

G01F 25/00 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

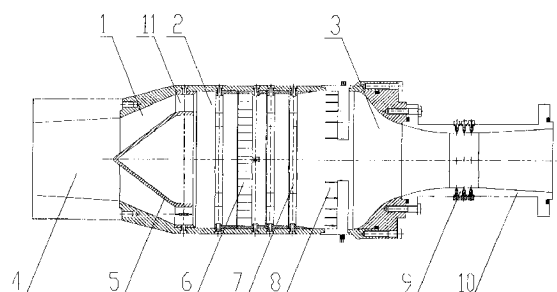
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种高精度大范围气流流量计

(57) 摘要

一种高精度大范围气流流量计，它涉及气流流量计。它解决了进气道模型出口测量段与流量计相距较远，测得值相差较大，会引起较大的总压分布不均匀，导致测量段测得的总压值与实际值偏差较大，影响气流流量测量的准度的问题。本实用新型的过渡腔设在左侧，扩散腔设在过渡腔的右侧，稳定腔设在扩散腔的右边，中心整流锥设在扩散腔内的十字幅板上，中心整流锥由十字幅板支撑，十字幅板固定在稳定腔的壳体上，蜂窝器设在两个阻尼网中间，蜂窝器固定在稳定腔的壳体上，收缩腔设在喷嘴的左端，喷嘴的左端与收缩腔壳体连接，气流流量计与进气道模型出口测量段相连。本实用新型具有结构简单、体积尺寸小、干扰小和测量精度高的特点。



1. 一种高精度大范围气流流量计，它由扩散腔 (1)、稳定腔 (2)、收缩腔 (3)、过渡腔 (4)、中心整流锥 (5)、蜂窝器 (6)、阻尼网 (7)、喷嘴 (10) 和十字幅板 (11) 组成，其特征在于过渡腔 (4) 设在腔体的左侧，扩散腔 (1) 设在过渡腔 (4) 的右侧，稳定腔 (2) 设在扩散腔 (1) 的右边，中心整流锥 (5) 设在扩散腔 (1) 内的十字幅板 (11) 上，中心整流锥 (5) 上设有金属网，十字幅板 (11) 固定在稳定腔 (2) 的壳体上，蜂窝器 (6) 设在第一层和第二层阻尼网 (7) 中间，蜂窝器 (6) 和阻尼网 (7) 固定在稳定腔 (2) 的壳体上，收缩腔 (3) 设在喷嘴 (10) 的左端，喷嘴 (10) 的左端与收缩腔 (3) 右端的壳体连接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种高精度大范围气流流量计，其特征在于蜂窝器 (6) 由六角形格子组成。

3. 根据权利要求 1 所述的一种高精度大范围气流流量计，其特征在于扩散腔 (1) 内腔体的角度为 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。

4. 根据权利要求 2 所述的一种高精度大范围气流流量计，其特征在于蜂窝器 (6) 的六角形格子的长径比为 $3 \sim 4$ 。

5. 根据权利要求 2 或 4 所述的一种高精度大范围气流流量计，其特征在于蜂窝器 (6) 的六角形格子长径比为 3.75。

一种高精度大范围气流流量计

技术领域

[0001] 本实用新型属于飞行器进气道风洞测试设备，具体涉及一种新型高精度大范围气流流量计。

背景技术

[0002] 目前，在进行飞行器进气道试验时，流量系数可以通过进气道模型出口测量段和与测量段相连的管路上的流量计来测得，由于测量段直接与进气道出口相连，当进气道唇口或管道内壁出现气流分离时，会引起较大的总压分布不均匀，导致测量段测得的总压值与实际值偏差较大，影响流量测量的准确度。因此，评价进气道的性能时一般采用气流流量计的测量结果。而现有的气流流量计由过渡腔、节流段、稳定腔、截流锥、伺服电机、减速器、蜂窝器、阻尼网、总压测量段、收缩腔、静压测量段和扩压段等组成，能同时实现气流流量的测量与控制。在进气道试验中安放于风洞试验段后方，通过一段通气软胶管与试验模型的出口测量段相连。由于进气道模型出口测量段与气流流量计相距较远，在测试过程中，气流流量计处测量的气流流量与测量段处测得值相差较大。表 5 是某次大口径二元 S 型进气道在不同流量下二者的测量结果对比。从表 5 可以看出测量段测得的流量系数比流量计处测得值大，其差量随着流量的增大有减小的趋势。用于温度补偿的热电偶受现有流量计截流锥的电机伺服驱动器电磁信号干扰严重，对温度的影响量最大达到了 7 摄氏度左右，严重影响了温度补偿的效果。

发明内容

[0003] 本实用新型为了解决现有气流流量计的进气道模型出口测量段与流量计相距较远，在测试过程中，流量计处测量的流量与测量段处测得值相差较大，由于测量段直接与进气道出口相连，当进气道唇口或管道内壁出现气流分离时，会引起较大的总压分布不均匀，导致测量段测得的总压值与实际值偏差较大，影响气流流量测量的准确度；流量计的整体尺寸大的问题，提供了一种高精度大范围气流流量计，解决上述问题的具体技术方案如下：

[0004] 本实用新型是一种高精度大范围气流流量计，由扩散腔、稳定腔、收缩腔、过渡腔、中心整流锥、蜂窝器、阻尼网、喷嘴和十字幅板组成，过渡腔设在腔体的左侧，扩散腔设在过渡腔的右侧，稳定腔设在扩散腔的右边，中心整流锥设在扩散腔内的十字幅板上，中心整流锥上设有金属网，十字幅板固定在稳定腔的壳体上，蜂窝器设在第一层和第二层阻尼网中间，蜂窝器和阻尼网固定在稳定腔的壳体上，收缩腔设在喷嘴的左端，喷嘴的左端与收缩腔右端的壳体连接，气流流量计的左端与进气道模型出口测量段相连。

[0005] 所述的蜂窝器由具有一定长度的正六边形格子组成，四周固定在稳定腔的壳体上。

[0006] 扩散腔的主要作用是把气流的动能变成压力能。从整个管路布局考虑为了能缩

短扩散腔长度并减小管路充气容积，选用了大开角扩散腔。大开角扩散腔“扩散”损失的大小可以用冲击完全系数 ϕ 来表示，该系数为扩散腔的扩散损失 ΔP_M 与截面突然扩大时（既扩散角 $\theta = 90^\circ$ ）的理论冲击损失之比，即：

$$[0007] \quad \phi = \frac{\Delta P_M}{\frac{1}{2}(\nu_1^2 - \nu_2^2)}$$

[0008] 研究表明，在扩散腔扩散角 $\theta = 20^\circ \sim 25^\circ$ 范围内， $\phi < 1$ ；当 $\theta = 25^\circ \sim 45^\circ$ 时， $\phi > 1$ ；而当 $\theta = 45^\circ \sim 90^\circ$ 时， ϕ 从 $\phi > 1$ 降到 $\phi \rightarrow 1$ 。这说明 $\theta > (20^\circ \sim 25^\circ)$ 时，扩散腔的压力损失比突然扩散的损失还要大。根据上面的分析，选择扩散角为 $\theta = 20.25^\circ$ ，这样在扩散腔入口和出口直径已经确定的情况下（扩散腔入口和出口直径分别为 116mm 和 192mm），则 $L = 103\text{mm}$ 。有资料显示对于这种扩散比在 2.74，扩散角为 20.25° 的情况，在扩散腔内将出现大量的瞬态分离甚至会出现大面积固定的分离区。为了减小这种完全分离的射流带来的压力损失，在扩散腔的出口加装了一个由十字幅板支撑的中心整流锥，十字幅板在这里不但有支撑作用，又可以起到打碎大的漩涡的作用。中心整流锥能使自由射流再附壁、阻止气流分离，将气流扩散到整个稳定腔截面上去，提供均匀和稳定的流动。中心整流锥的锥角对下游的气流速度分布和脉动水平有明显影响。为了减小锥面的载荷，中心锥骨架选用适当目数的金属网，为了防止大角度扩散腔与前面进气道测量段之间的相互影响，加装一个适当长度带有 3° 扩散角的过渡腔，根据这个扩张角可以计算出整流锥锥桶直径应为 97mm。采用大角度扩散腔和中心整流锥设计方法，其中大开角扩散腔能缩短流量计的整体尺寸，而在扩散腔的出口设有十字幅板支撑的中心整流锥则能减小扩散腔入口处的分离区面积，提高稳定腔气流的均匀度。

[0009] 稳定腔为与扩散腔出口直径相等的圆筒。为保证在稳定腔下游能够得到品质优良的测量流场，在稳定腔的上游加装蜂窝器和阻尼网等整流装置。蜂窝器的主要作用是导直气流并打碎大的漩涡，同时，蜂窝器中的管道对气流的摩擦还有利于改善气流的速度分布。蜂窝器采用六角形的格子，为了提高蜂窝器的整流效果，有资料显示长径比一般在 $6 \sim 8$ 范围内选取，但是在本实用新型中受稳定腔长度的限制，最终选取的长径比为 3.75。稳定腔下游布有总压测量点测量气流总压 P_0 。

[0010] 收缩腔采用可更换喷嘴，其喉道直径根据飞行器进气道模型出口直径来选取。收缩腔使气流加速，提高静压测量的准度，在收缩腔喉道处布有静压测量点测量气流静压 P 。

[0011] 通过下面的公式可计算出气流的质量流量 m 。

$$[0012] \quad m = 0.04042 \frac{P_0 A q(\pi)}{\sqrt{T_0}}$$

$$[0013] \quad q(\pi) = 3.8639 \sqrt{\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{10}{7}} - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{12}{7}}}$$

[0014] 式中： A —可更换喷嘴喉道面积；

[0015] T_0 —气流总温，在流量计入口前方测得。

[0016] 本实用新型具有的优点和有益效果：将气流流量计直接与模型测量段连接，减小了进气道出口测量段与流量计测量截面总温 T_0 的差量，使二者的测量结果更趋一致性；由于流量计和流量调节阀实现了结构上的分离，因而大大减小了电机伺服驱动器对各种传感器测量电信号的干扰，提高了测量的精准度；同时，由于新型流量计中去除了原流量计中的流量调节功能，使得新型流量计的稳定腔尺寸大大减小；新型流量计的喷嘴已形成系列化，通过更换不同尺寸的喷嘴可以实现管路尺寸在 50 ~ 100mm 范围的气流流量精确测量；本实用新型还具有结构简单、体积尺寸小（相对现有流量计长度减小约三分之一）和测量精度高的特点。

附图说明

[0017] 图 1 是本实用新型的结构示意图，图 2 是六角形格子蜂窝器的结构示意图，图 3 是十字幅板和中心整流锥的结构示意图，图 4 是现有流量计结构示意图。图中 8 是总压测量点，9 是静压测量点。

具体实施方式

[0018] 具体实施方式一：结合图 1、图 2、图 3 描述本实施方式。本实施方式由扩散腔 1、稳定腔 2、收缩腔 3、过渡腔 4、中心整流锥 5、蜂窝器 6、阻尼网 7、喷嘴 10 和十字幅板 11 组成，过渡腔 4 设在左侧，扩散腔 1 设在过渡腔 4 的右侧，稳定腔 2 设在扩散腔 1 的右边，中心整流锥 5 设在扩散腔 1 内的十字幅板 11 上，中心整流锥 5 上固定有 9 ~ 11 目的金属网，中心整流锥 5 固定在十字幅板 11 上，十字幅板 11 固定在稳定腔 2 的壳体上，蜂窝器 6 设在第一层和第二层阻尼网 7 之间，蜂窝器 6 和阻尼网 7 固定在稳定腔 2 的壳体上，收缩腔 3 设在喷嘴 10 的左端，喷嘴 10 的左端与收缩腔 3 右端的壳体连接，气流流量计的左端与进气道模型测量段的出口相连。

[0019] 具体实施方式二：结合图 1、图 2 描述本实施方式。本实施方式所述的蜂窝器 6 由具有一定长径比的六角形格子组成。

[0020] 具体实施方式三：结合图 1、图 2 描述本实施方式。本实施方式所述的蜂窝器 6 为六角形格子，其长径比为 3 ~ 4。最佳的六角形格子长径比为 3.75。

[0021] 具体实施方式四：结合图 1 描述本实施方式。本实施方式的扩散腔 1 内腔体的角度为 $20^\circ \sim 25^\circ$ 。

[0022] 蜂窝器采用六角形格子结构，长径比也比原流量计提高，以增加整流效果，提高流量计内的气流流场品质，达到提高测量精准度的目的。

[0023] 表 1 风洞试验中新型流量计测得流量与测量段测得流量对比

[0024]

理论锥位 (mm)	82	69	61	57	55
测量段 φ_2	0.2565	0.6212	0.8063	0.8606	0.8836
流量计 φ_3	0.2551	0.6152	0.7967	0.8520	0.8744
φ_3 与 φ_2 相对差值 x%	0.546	0.966	1.191	0.999	1.041
平均相对差值 x%	0.948				

[0025] 表 2 风洞试验中新型流量计测量截面总压不均匀度情况

[0026]

理论锥位 (mm)	78	68	61	55.5	48	25	备注
测量段 $\bar{D}$	0.0174	0.0706	0.1306	0.1702	0.1963	0.2055	带有飞机进气道模型
流量计 $\bar{D}$	0.0012	0.0038	0.0061	0.0077	0.0085	0.0089	

[0027] 表 3 新型流量计在校准箱中校准结果

[0028]

名义质量流量 (Kg/s)	0.35	0.55	0.75	0.95	1.2	1.4
音速文氏管测量结果 m_2 (Kg/s)	0.3413	0.5259	0.7801	0.9625	1.1938	1.3323
流量计测量结果 m_1 ((Kg/s)	0.3446	0.5292	0.7828	0.9625	1.1911	1.3254
修正系数(m_1/m_2)	1.0097	1.0062	1.0034	1.0000	0.9978	0.9948
m_1 与 m_2 的相对差值 x%	0.97	0.62	0.34	0	0.22	0.52

[0029] 表 4 新型流量计测量结果七次均方根精度

[0030]

名义流量 (Kg/s)	0.35	0.55	0.75	0.95	1.2	1.4
流量计各流量点 测量精度	0.0032	0.0010	0.0009	0.0011	0.0037	0.0019
流量计 平均测量精度	0.0022					
音速文氏管 测量精度	0.0005	0.0004	0.0007	0.0012	0.0021	0.0039
音速文氏管 平均测量精度	0.0019					

[0031] 表 5 进气道模型测量段与原流量计测得流量对比 (流量计未加温度补偿)

[0032]

理论锥位 (mm)	55	45	35	25	15	5
测量段 φ_2	0.3564	0.4818	0.5886	0.6642	0.7048	0.7172
流量计 φ_3	0.3493	0.4758	0.5809	0.6553	0.6940	0.7047
φ_3 与 φ_2 相对差值 x%	1.99	1.25	1.31	1.34	1.53	1.74
平均相对差值 x%	1.53					

[0033] 表 1 ~ 表 4 为本实用新型的流量计的风洞试验结果和校准箱校准结果。

[0034] 可以看出, 新型流量计与测量段比较, 差值都在 1% 以内。同时流量计测量截面处的总压不均匀度要比测量段处的总压不均匀度低得多。

[0035] 流量计的测量结果与校准箱的测量结果误差多数点在 0.6% 以内, 个别点略高; 流量计的测量精度与校准箱的测量精度, 基本上相同, 处于同一量级。

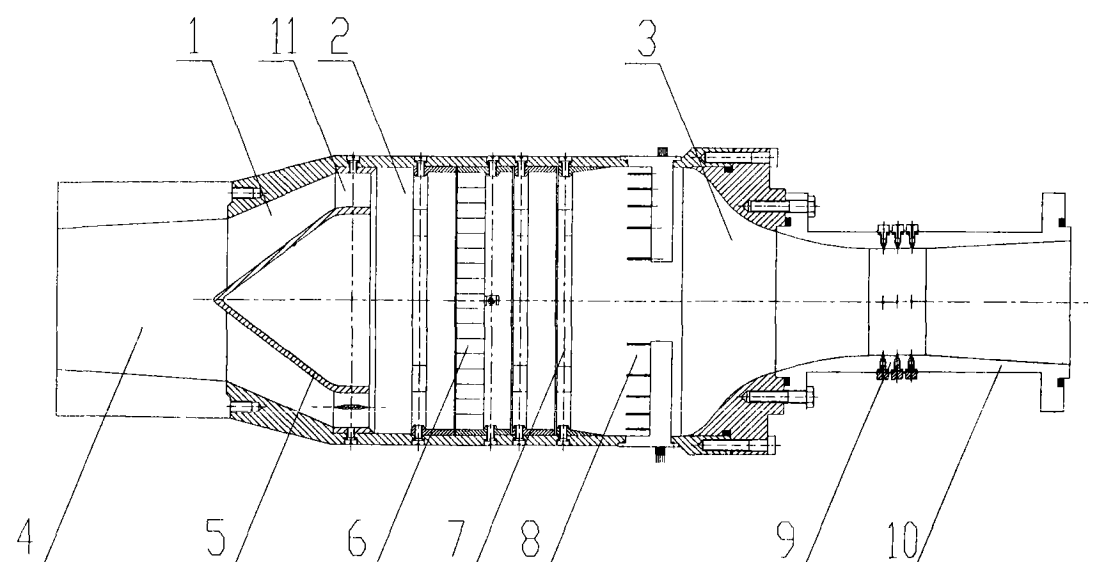


图 1

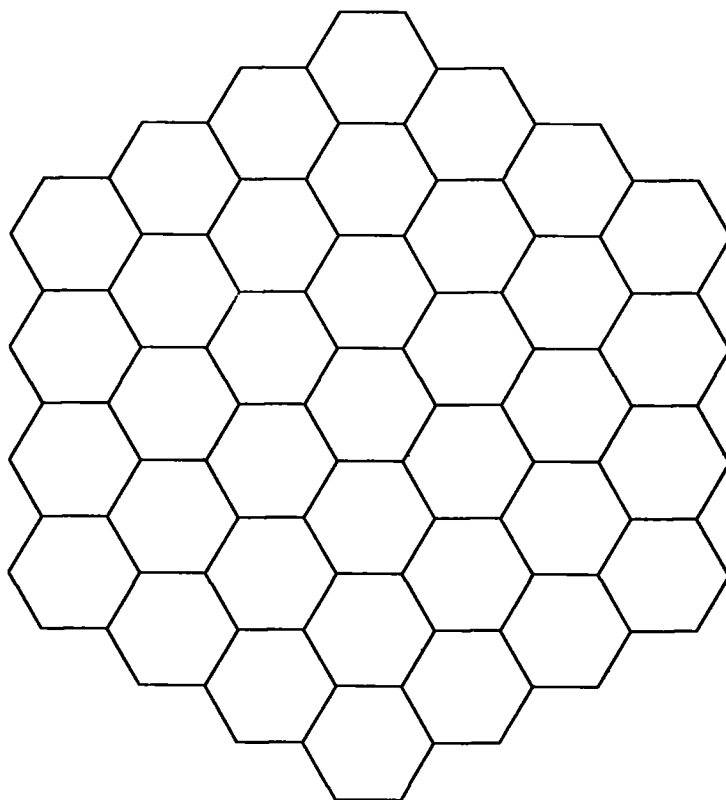


图 2

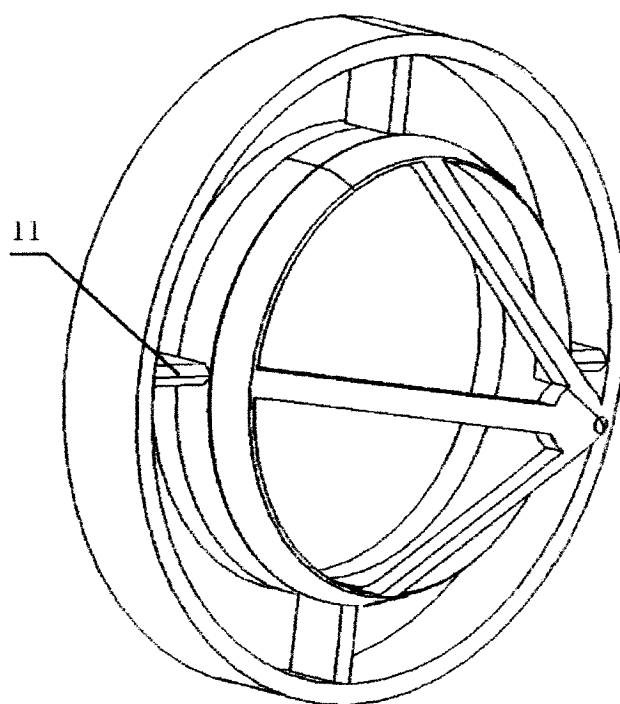


图 3

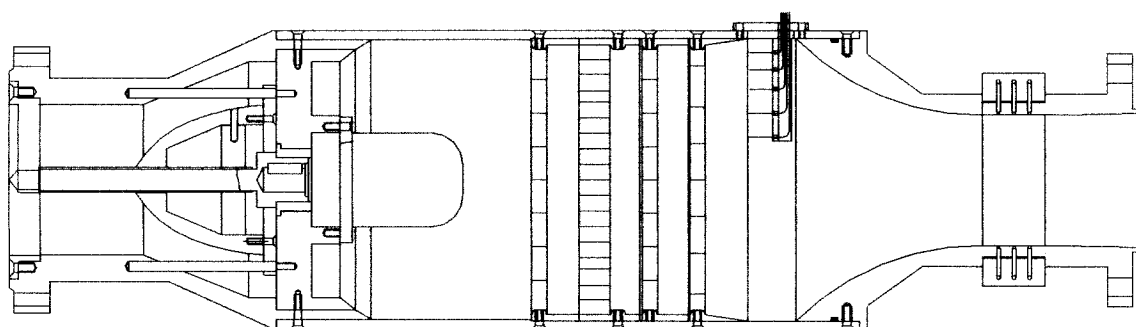


图 4