

轴对称紊流发生器畸变流场的调节规律

南京航空学院 施网兴

近年来,我们对轴对称紊流发生器进行了一系列的研究。本文主要介绍畸变流场的调节规律,并分析了在试验范围内畸变指标的测量精度。基于缺乏瞬态畸变的测量手段,并考虑到目前国内使用的畸变指标,本文采用稳态畸变指标 $\bar{D}$,DC90和紊流度 T_{AV} 作为特性参数^[1]。

试验装置和测量系统见文献^[1]。但总压测量采用四十一微米字形耙,每个半径上按等面积分布五个测点,中心点仅用于插值。这种测量方法与试车台和飞行模拟试验中惯用的稳态参数的测量方法相一致,因为压力耙和耙的安装方位的不同,都会引起测量结果的偏差^[2]。

轴对称紊流发生器的特点是能产生较高的紊流度,能满足较大紊流度试验范围的要求;而相应的稳态畸变指标较低,利于模拟时调节。因此,几何参数的选择主要考虑紊流度和发动机进口 Ma_2 的试验范围,同时要求尽可能高的总压恢复系数。主要几何参数的定义及其对紊流度的影响见文献^[3]。本试验中模型通道见图1。

其喉道面积比为0.55~0.67,相对长度为2.55,扩张角为6°,收缩比为1.18。

一、特性曲线和图谱

由图2可见,当喉道面积比 $\bar{A}$ 一定,随 Ma_2 的增加,由于激波向下游方向移动,激波强度增强,同时与附面层作用点的附面层厚度增厚,使分离流中旋涡的强度增强,尺度增大,因此 T_{AV} , $\bar{D}$ 和DC90上升,与此同时,伴有更大的激波损失和紊流流动损失,所以 σ 下降。当 Ma_2 一定, $\bar{A}$ 增加时,激波向上游方向移动,畸变指标的变化与上述相反。

图3上划分为四个压力区,压力由高到低,颜色由深到浅,边界上的数值为总压与前空总压之比。图4上划分为四个紊流度区,紊流度由高到低,颜色由深到浅,边界上的数值为总压脉动分量的均方根值与截面平均总压之比。其中 Ma_2 相同的两张图谱是在同一状态下连续测量的结果。图谱和相应的畸变指标表明:畸变流场基本稳定,紊流度的测量方法是可靠的。比较不同 Ma_2 时的图谱,中心都是低压区和低紊流度区,这是中心锥体的尾流造成

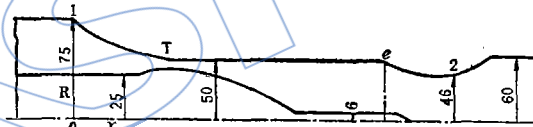


图1 模型

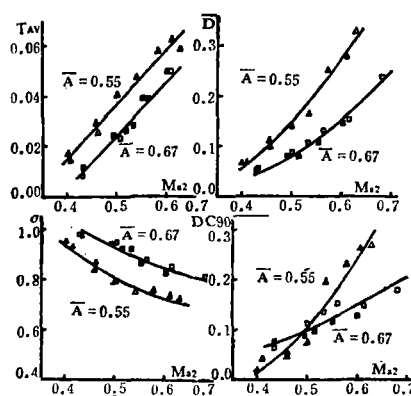


图2 特性曲线

的, 由于在尾流中不均匀气流的剧烈混合, 紊流流动损失较大, 紊流度的衰减迅速, 故成为低压和低紊流度区。高压区和高紊流度区成环形, 位于半径中部靠外壁处。靠近壁面附近, 由于附面层的影响, 压力和紊流度较低。

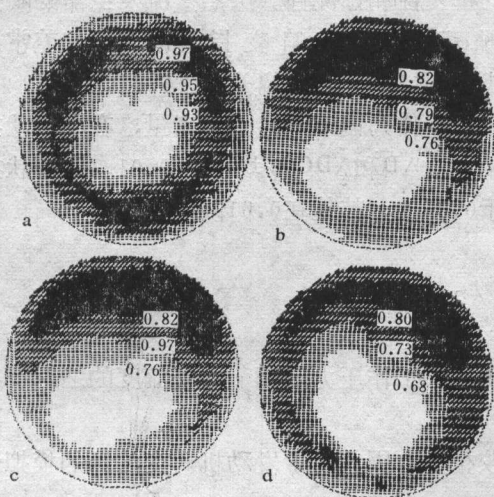


图3 稳态图谱 (a: $Ma_2=0.40$, $\sigma=0.96$;
b: $Ma_2=0.54$, $\sigma=0.79$; c: $Ma_2=0.54$,
 $\sigma=0.79$; d: $Ma_2=0.63$, $\sigma=0.73$)

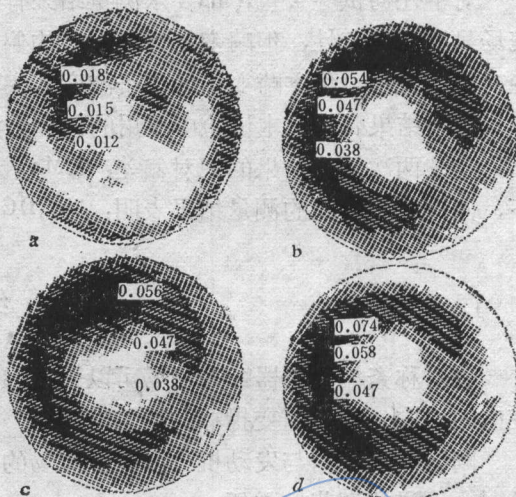


图4 紊流度图谱 (a: $Ma=0.40$, $T_{AV}=0.015$;
b: $Ma_2=0.54$, $T_{AV}=0.049$; c: $Ma_2=0.54$,
 $T_{AV}=0.049$; d: $Ma_2=0.63$, $T_{AV}=0.059$)

上述图谱与J85-GE-13发动机进口流场图谱相比, 总压和紊流度的分布规律相似^[4]。可见用轴对称紊流发生器模拟类似发动机的进口畸变流场时, 畸变流场的模拟调节将会方便得多, 这也说明了轴对称紊流发生器流场畸变产生的机理与发动机的进气道是相似的。

二、畸变流场的调节

根据需要模拟的发动机进口马赫数 Ma_2 和紊流度 T_{AV} , 由特性曲线确定面积比, 用轴向移动中心锥体的方法调节其大小。

当几何形状一定, Ma_2 取决于激波位置, 而激波位置由模拟截面的静压与前室总压之比 P_2/P_P 决定, P_2/P_P 称之为紊流发生器的工作压力比。由于静压场的不均匀性, P_2 取周向八点壁面压力的平均值。 Ma_2 的调节规律见图 5。

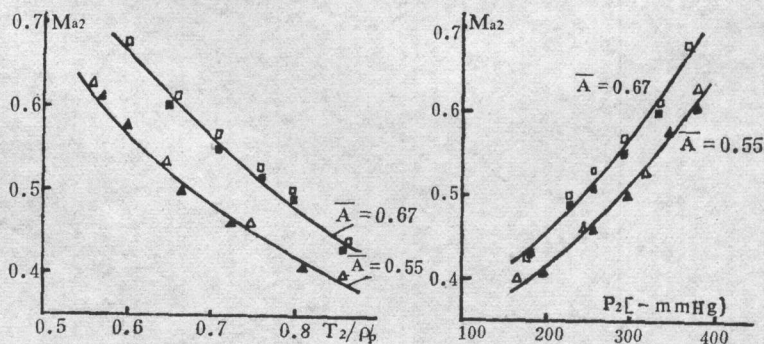


图5 Ma_2 的调节规律

在实际使用中,用 P_2 作为调节 Ma_2 的参考量较方便,缺点是没有考虑大气压力变化的影响,但其影响不大,如 $Ma_2 = 0.5$ 时,大气压力变化1%, Ma_2 的偏差约为1%。这与畸变指标允许的偏差范围相比可以忽略。

对于任何试验装置,都要求测量结果有良好的重复性和预测性。虽然紊流发生器的畸变流场具有不稳定性,但畸变指标在一定的偏差范围 σ 可预测^[5]。畸变指标的测量偏差常用绝对偏差表示,稳态畸变指标和紊流度与实验曲线(测量平均值)的偏差小于0.01^[6]。

试验结果表明,本试验中采用的测控方法,即用 P_2 作为调节 Ma_2 的参考量,在同一状态下,连续两次测量结果的绝对偏差: ΔMa , $\Delta \sigma$, ΔT_{AV} , $\Delta \bar{D}$ 和 $\Delta DC90$ 均小于0.01。同一状态下,两次不同时间的测量结果表明:除 $\Delta DC90$ 小于0.05外,其他在0.01以内。

三、结 论

轴对称紊流发生器畸变流场可以通过喉道面积比和工作压力比调节,紊流度的绝对偏差在0.01以内。稳态畸变指标的偏差略高。

畸变流场图谱与发动机进口畸变流场的图谱较相似,因此用于发动机畸变流场的模拟试验时,图谱的调节较方便。

轴对称紊流发生器与二元素流发生器相比,不仅结构简单,调节方便,而且长度较短,其长度约为二元的55%^[7],比较适合我国高空台上使用。

感谢彭成一教授的帮助和徐辉工程师等在试验中所做的工作。

参 考 文 献

- [1] 施网兴,“轴对称紊流发生器实验研究”,空气动力学学报,第四期,1987年。
- [2] 黄熙君、李怀娣、丁雨秋、肖承恩,“进气道畸变指标的分析和模拟”,推进技术,第一期,1986年。
- [3] 施网兴、韩小云、陈德龙,“轴对称紊流发生器主要几何参数对紊流度的影响”,推进技术,第五期,1987年。
- [4] Calogeras, J.E., Burstadt, P.L. and Coltrin, R.E., “Instantaneous and Dynamic Analysis of Supersonic Inlet-Engine Compatibility”, NASA 71-667.
- [5] Anderson, R.E., “Aircraft Engine Inlet Pressure Distortion Testing in a Ground Test Facility”, AIAA-83-1233.
- [6] Burstadt, P.L. and Calogeras, J.E., “Instantaneous Distortion in a Mach 2.5, 40-Percent-Internal Contraction Inlet and Its Effect on Turbojet Stall Margin”, NASA TMX-3002 1974.
- [7] 马家驹,“二元素流发生器研究”,江苏航空,第二期,1987年。

DYNAMIC DISTORTION IN FLOWFIELD DOWNSTREAM OF TRANSONIC SHOCK-BOUNDARY LAYER INTERACTION

He Zhongwei

(*Nanjing Aeronautical Institute*)

Abstract

The dynamic distortions in flowfield under transonic shock-turbulent boundary layer interaction of different intensity are investigated in a 2-D convergent-divergent duct. The power spectrum and probability density functions of the total pressure signals are analyzed. The control technique of this dynamic distortion is also presented.

REGULATION OF DISTORTION FLOWFIELD BY AXISYMMETRIC TURBULENCE GENERATORS

Shi Wangxing

(*Nanjing Aeronautical Institute*)

Abstract

This paper provides a regulation law for distortion flowfield by axisymmetric turbulence generators, which can meet the demands for simulating the static and dynamic inlet distortions simultaneously. The distortion flowfield is regulated by variation of throat area ratio and working pressure ratio. The experiments show that the absolute deviation of the turbulence regulated by this law is less than 0.01.

NUMERICAL STUDY OF CHARACTERISTICS OF BURNER

Zhao Jianxing and Tan Huaping

(*Nanjing Aeronautical Institute*)

Abstract

The combustion efficiency and blowoff characteristics of burner with bluff-body flame holders are investigated with both numerical and experimental methods. The $k-\varepsilon$ turbulence model is employed to describe the turbulent viscosity and the EBU. Arrhenius combustion model is adopted to determine the reaction rate. The radiation model of heat flux method is used to predict heat radiation flux. Because of the large variation of density in combustion flowfield, the density-weighted average variables have been adopted in conservation equation. The com-