

S 弯进气道中流场畸变的监测研究

上海交通大学

翁培奋^{* *}

南京航空学院

郭荣伟

【摘要】 本文研究了 S 弯进气道在大攻角条件下的畸变流场特性。结果表明, S 弯进气道出口的总压低能量区位置和攻角之间存在极为密切的对应关系。本文提出可以用管道出口的低能量气流位置角度作为 S 弯进气道旋流的一个监测参数。

关键词: 进气道 攻角 流场 畸变 监测

1 前 言

近几年, 人们不仅对 S 弯管道中的复杂气流场有了丰富的认识, 而且更重要的是提出了不少有实用价值的抑旋措施^[1~5]。在这些抑旋方法中, 有无源和有源两种, 都可以在不同程度上改善 S 弯进气道的畸变流场。由于 S 弯进气道管路十分复杂, 且常常处于大攻角的进气状态, 因而其气流流场存在严重的畸变。在研究其畸变性的同时还需考虑其有效的监测, 这在工程应用中是很意义的。在文献[1]中, 作者深入而详尽地研究了 S 弯进气道出口截面(即发动机进口截面)上的上、下壁面间静压系数差值 ΔC_{pb12} 作为旋流流场大小的监测参数。在该文的基础上, 文献[6、7]进一步地阐述并建立了描述旋流强弱的指数 SC_{60} 与静压系数差值 ΔC_{pb12} 之间的简单线性关系。这说明, 完全可以用 ΔC_{pb12} 来方便地表征旋流系数的大小。但有两个方面的问题尚待考虑。第一是 ΔC_{pb12} 作为一个旋流场的监测参数需要有更多的应用加以完善; 第二是该参数, 或者说目前的监测参数还很少直接考虑到对 S 弯管道中的总压畸变场实施有效的监测。在实际的工程应用中, S 弯进气道中的流场畸变监测应该包括其总压场和旋流场等几个方面。

本文研究了矩形截面 S 弯扩压器中的气流场畸变和攻角之间的变化关系。结果表明, 随着攻角的增大, 管道出口的旋流也随之增大, 而总压畸变愈趋严重。进一步地发现, 可以用描述总压畸变强度的总压低能量区位置角度来监测旋流的大小。

2 实验模型和内容

采用了一个矩形截面的 S 弯扩压进气道, 其形状和几何尺寸可参阅文献[4]。整个模型被安置在一个连抽带吹的风洞口中。风洞的出口面积为 $300 \times 300 \text{ mm}^2$, 出口射流速度约 40 m/s 。实验时, 只需保持吹气条件和抽气条件不变, 转动模型架就可实现进气攻角的随意调整。

实验的气流攻角为 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 70° 、 80° ; 分别地测量了在这些攻角下 S 弯进气道的壁面压力、出口的横向速度场以及出口的总压场。得到了在不同的攻角下管道出口的旋流场和总压场的畸变情况。流场中的参数测量通过一对三孔探针组合耙来完成。三孔探针在使用以前已得到了很好的标定校准。读得的压力参数通过两台 DPT 6400 型数字压力扫描仪采集

到计算机中, 再进行处理后得到所需的图形。

3 结果与讨论

为讨论问题的方便, 本文在这里仅仅给出了攻角分别为 45° 和 80° 的进气条件下的旋流场及总压场畸变情况, 并进一步地得到了攻角与流场畸变, 攻角与畸变监测参数之间的关系。

图 1 给出了攻角为 45° 条件下 S 弯进气道出口的旋流矢量以及总压系数分布图。从该图上看, 因气流进口已存在较大的攻角, 管道的出口生成了一个较为明显的不对称固体旋涡, 即所谓的旋流。此时的出口总压场亦趋不均匀, 存在着较明显的流场畸变。

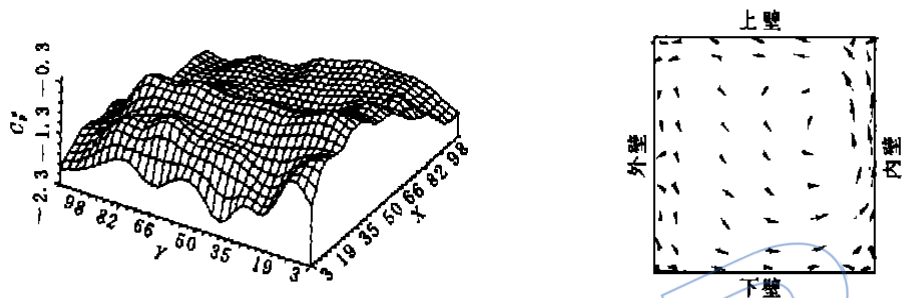


图 1 管道出口横向速矢与总压系数(攻角 45°)

图 2 是 80° 攻角条件下管道出口的旋流场和总压场的结果。与 45° 攻角下得到的结果图 1 比较, 由于此时攻角已急剧地增大到 80° , 进口气流在 S 弯进气道进口下壁面已形成了一个大的气流分离区。在横向压力梯度的作用下, 强大的横向固体涡旋流就会形成, 且畸变严重。这在相应条件下的总压系数分布图上看得更为明显。图中高凸处表示总压较高, 而在低凹处表示总压较低。随着攻角的增大, 低能量的气流越来越多。

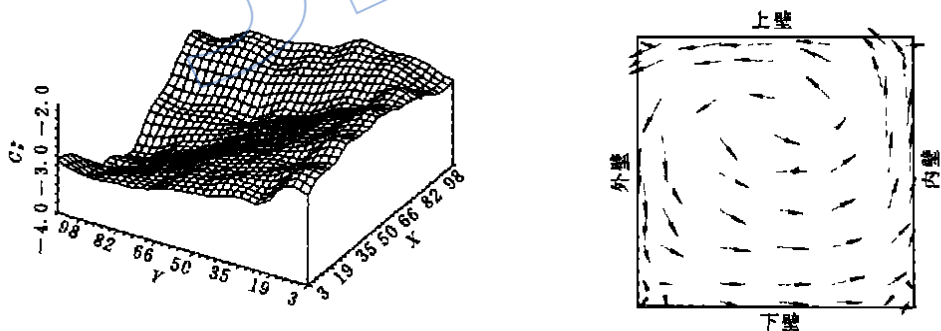
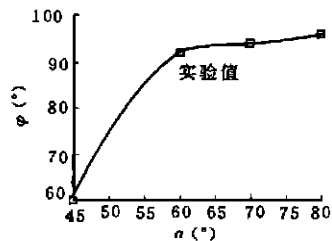
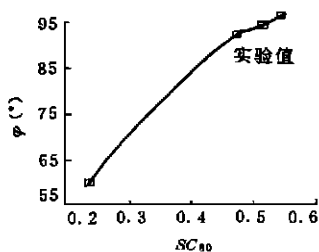
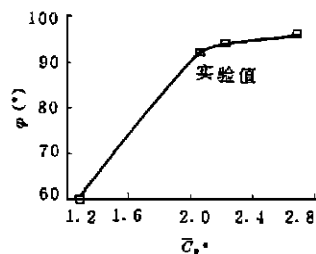


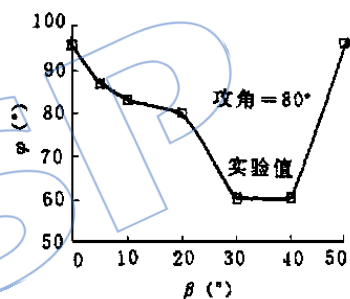
图 2 管道出口横向速矢与总压系数(攻角 80°)

从图 1 和图 2 中观察分析可知, 随着气流进口攻角的改变, 旋流场和总压场的特征也发生了变化。尤其是总压畸变场中的低能量气流部分的位置随攻角发生了迁移。这里不妨定义低能量气流位置角度, 用 φ 表示。所谓 φ 角, 就是指整个出口截面上具有最低总压的 60° 扇形区域中分线位置所在的角度。通过寻找最低总压区域可以计算出各个攻角的 φ 角度。图 3 给出了随气流攻角 α 变化时低能气流位置角度 φ 的变化。随 α 增大, φ 呈单调增大。这显然是由于攻角增大, 导致出口的旋流增大, 管道进口分离区中的低能量气流被旋流带动变化了位置。把描述

旋流强弱程度的性能参数 SC_{60} 和低能位置角度 φ 的变化关系描绘出来, 就是图 4。结果表明, 旋流越大, φ 角也越大。反之亦然。图 5 给出了出口平均总压系数 $\bar{C}_{p^*}$ 和 φ 角度之间的关系曲线, 表明总压场性能参数的变化, 也可以用 φ 参数来表征。

图 3 α 与 φ 的关系图 4 SC_{60} 与 φ 的关系图 5 $\bar{C}_{p^*}$ 与 φ 的关系

进一步的研究更能说明 φ 的监测意义。在文献[5]中, 作者采用可变唇口技术对大攻角机动飞行时 S 弯进气道中畸变气流流场进行了研究, 明显地改善了旋流场和总压畸变场。如果用管道出口低能量区域气流位置角度 φ 来描述, 可以得到图 6 的变化规律。图 6 给出了 80° 攻角下随唇口转动角度 β 的变化 φ 角的变化情况。可见, 随着唇口角度 β 的逐渐增大, 参数 φ 由原来的较大值逐渐降低。到了 $\beta = 30^\circ \sim 40^\circ$ 时, φ 角仅为 60° 。这个角度比无任何措施时下降了近 38%。和文献[5]中的结论是完全吻合的。说明 φ 是一个可表征总压畸变场和旋流的良好监测参数。

图 6 β 与 φ 的关系

结论 从上面的研究中可以得到如下的结论。本文提出了管道出口低能量区气流位置角度 φ 。研究表明, 该参数可以作为一个有效的监测参数, 以实现对 S 弯进气道中畸变速度场和总压场的联合监测。进一步的研究工作正在进行。

参 考 文 献

- Guo R W, Seddon J. Swirl Characteristics of an S-shaped Air Intake with both Horizontal and Vertical Offsets. Aeronautical Quarterly, May, 1983, 32(pt2): 130-146
- Seddon J. Understanding and Countering the Swirl in S-duct-T Tests on the Sensitivity of Swirl to Fence. Aeronautical Journal, Apr, 1984, 88(874): 117-127
- 林麒, 郭荣伟. S 弯进气道中旋流的有源涡控研究. 航空学报, 1989, 10(1): 35-40
- Weng P F, and Guo R W. A New Method of Swirl Control in a Diffusing S-duct. AIAA Journal, 1992, 30(7): 1918-1919
- Weng P F, Guo R W. Variable Lip Technique of Swirl Control in S-shaped Air Intake at High Angle of Attack, the Proceedings of Inter. Conf. of Fluid Mech (II), Beijing, July 6-10, 1993
- 郭荣伟. S 弯进气道中旋流的监测参数. 航空学报, 1985, 6(5): 489-491
- 翁培奋. 弯曲管道气流流场控制及分离流数值模拟: [学位论文]. 南京航空学院 1991

(责任编辑 魏星禄)

INTEGRATION OF DESIGN AND MANUFACTURE OF CENTRIFUGAL COMPRESSORS

Jiu Jianfeng and Cao Xiaojin

(*Institute of Engineering Thermophysics*)

ABSTRACT

A system for integrating design and manufacture of centrifugal compressor by CAD/CAM is established which includes blade design, machining coordinates transformation, blade profiling in arbitrary section, checking coordinate calculation. Especially, a set of design and calculation methods is provided for manufacturing turbomachines by four-axis numerically controlled machining center. The integration system can be used on microcomputer. The system has been applied successfully to designing and machining centrifugal compressors in a factory. It is proven that the system is practical, flexible, reliable and it can cut down the time of design and manufacture with high quality.

FLOW DISTORTION MONITORING IN AN S-SHAPED INTAKE

Weng Peifen (*Shanghai Jiao Tong University*)

Guo Rongwei (*Nanjing Aeronautical Institute*)

ABSTRACT

A series of experiments were made in an S-shaped air intake at high incidence. The observations show that larger the incidence, the more distorted the flow field. And further, there is a certain relation between high incidence, swirling flow, total pressure field and position angle φ of the flow with the lowest total pressure coefficient C_p . The position angle φ is given as a better detective parameter which can monitor the distorted velocity and pressure field.

STUDY ON ATOMIZATION CHARACTERISTIC OF AIR ASSISTED ATOMIZER

Gu Shanjian, Huang Yong, Yang Madin, Chen Hongbo, Liang Xueping, Zhang Yingnian

(*Beijing University of Aeronautics and Astronautics*)

ABSTRACT

The atomization characteristics of a new type air assisted atomizer have been investigated for heavy oil with Engler viscosity more than 20, and compared with "Y" type atomizer commonly used in industry. A standard diffraction based sizing system (i. e. Malvern) is applied to this investigation. The results reveal the influences of the air pressure, fuel pressure, and air/fuel ratio on the atomization characteristics, the influence of the fuel pressure on the spray angle, and demonstrate the fuel atomization superiority of this new type atomizer over the "Y" type atomizer in atomization.