

可调唇口改善大攻角下 S 弯 进气道内部压力场的实验研究*

上海大学 翁培奋* * 南京航空航天大学 郭荣伟

【摘要】 实验研究了可调唇口对大攻角下 S 弯进气道内气流压力场的作用。在攻角从 0 到 80°唇口角从 0 到 50 的实验条件下,分别测量了 S 弯进气道的 4 个壁面沿程静压以及管道出口截面静压。结果表明:如果没有可调唇口技术,随着攻角增大, S 弯进气道内的压力会大大减小。可调唇口大大地提高了进气道压力,改善了进气道的预扩压性能。

主题词: 发动机进气道 流场畸变场 流控技术

分类号: V228.71

以往研究主要涉及小攻角情况下的 S 弯进气道气流流动及其控制问题^[1,2]。以往流动抑制措施,不是局部改善由于管道弯曲造成的气流分离^[2],就是局部改善了小攻角下的旋流流动^[1]。文献[3]用一种自动可调叶片控制 60 攻角下 S 弯进气道内的旋流流动,但是总压有一定损失。开展对大攻角下改善 S 弯进气道内恶劣气流品质的研究,谋求以较小代价取得更有效结果显得迫切重要。本文就可调唇口改善大攻角下 S 弯进气道内的气流压力场进行了详细实验研究,为进气道研究与设计提供参考依据。

1 实验模型和内容

使用矩形截面 S 弯扩压器^[4],模型内壁面取近机身侧,外壁面为远机身侧,实验模型相当于飞机左舷进气道。实验气流来自一出口尺寸为 300 mm×300 mm 的射流风洞,模型进气口置于射流核心区,下游出口连接抽吸系统,改变攻角时保证自由来流条件不变,同时保持与 0 攻角相同的管内抽吸力。由于自由射流风速小,不能完全模拟进气道真实情况,但做为机理研究仍不失其重要意义。

转动唇口安装在进口分离壁面的喉道前,为 NACA1 系列外形,以保证与其余 3 个

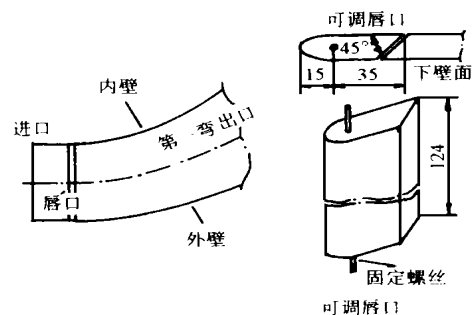


图 1 可调唇口的形状尺寸

1995 年 9 月收稿,1996 年 3 月收到修改稿。 * 本文系国家自然科学基金资助项目

* * 上海大学(延长校区)力学研究所 200072

壁面前唇口相同几何外形, 图 1 是它的几何尺寸及安装位置。当唇口调整到某一角度位置时, 唇口后缘缝隙处会流入进气气流, 起到补充气流的旁路进气门作用。可转动唇口通过其转轴与模型内、外壁面连接, 为保证唇口转动时的精度, 消除对气流干扰, 唇口两个端面用金属薄片作为与模型内表面的相对滑动面, 且使端面与模型内表面之间的间隙距离不大于 0.5 mm。不妨定义唇口贴近下壁面时的位置为 0°唇口角。实验时需要调节如下进气攻角 α : 0°、15°、30°、45°、60°、70°、80° 和唇口角 β : 0°、5°、10°、20°、30°、40°、50°。测量了所有攻角下唇口变化后对 S 弯管道中气流流动特性参数, 包括沿 S 弯进气道四壁的静压分布、出口截面总、静压场及速度场等。按头部和支杆影响曲线确定探针的几何尺寸, 静压探针耙进行过如下标定: 探针置于一射流风洞出口核心区, 保证来流流动方向和探针轴线平行, 读取 U 形管相对压力读数, 其值很小, 几乎没有变化, 说明静压探针是基本可靠的。实验在南京航空航天大学进气道实验室低速风洞中完成。来流风速约 40 m/s, 一个大气压静压。

2 结果讨论

图 2 给出 80°攻角时 S 弯进气道四壁的沿程压力分布。随攻角增大, 进口气流急剧地压迫上壁迎风面, 使进口附近上下壁间压力梯度特别大。攻角的增大形成并扩大了下壁面分离区(图 2a), 明显看出下壁面静压曲线在进口处有一段区域变化缓慢, 反映了分离区的基本特性。结果还表明, 尽管上下壁面之间压差渐渐拉大, 而内、外壁面间的压力梯度反而有所减小, 那是因为进口分离造成强固体涡旋促进了主流和低能量气流的动量交换。从图中的静压系数 C_p 值还可看到: 攻角的增大使管道内压力大大降低, 严重影响了进气道预扩压作用。图 2b 给出了采取可调唇口技术后沿壁静压分布曲线, 和没有采取改善措施时沿程静压系数比较(图 2a), 发现整个沿程静压系数 C_p 值提高了近 1.0, 这就是说 S 弯进气道内的压力场得到了显著提高。可转动唇口由于迎合了来流的进气攻角, 起到了提高扩压器沿程压力的作用。

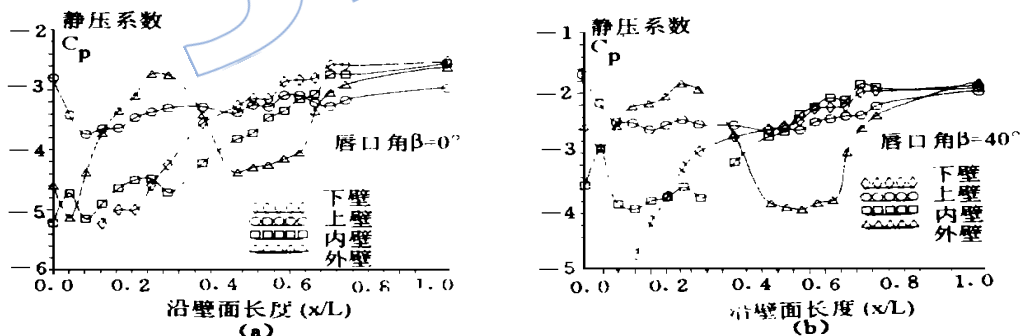


图 2 S 弯进气道沿壁静压系数曲线($\alpha = 80^\circ$)

图 3 给出了 80°攻角时 S 弯进气道出口截面静压系数分布图。0°攻角的进口气流没有分离, 管道中的二次流动为一典型对涡形式, 出口截面压力分布基本均匀而且压力值较高^[4]。当攻角渐渐增大时出口截面压力越来越不均匀, 压力值也渐渐减小。当攻角增大到 80°时(图 3a), 发现出口截面压力分布极其不均匀, 攻角越大, 压力不均匀越严重, 压力值越小。在同一截

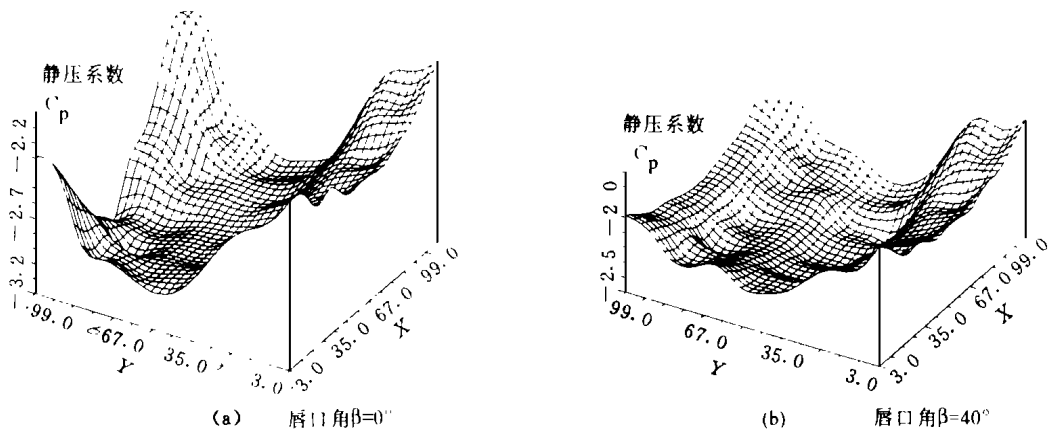


图 3 S 弯进气道出口截面静压系数曲线($\alpha = 80^\circ$)

面上, 4 个角落区压力值比中心区要大, 产生这种现象和 S 弯进气道进气攻角、旋流发展有着密切关系。攻角增大, 射流风洞出口气流难以压入进气道, 连抽带吹供气系统中的抽气效果趋于明显。这引起 S 弯进气道的管内气流压力低, 出口截面中心区压力值自然下降, 4 个角落区中压力较高可能是由于气流速度较小造成的。研究表明, S 弯进气道出口静压存在明显不均匀, 这种不均匀随攻角增大而趋严重, 且攻角越大, 压力值越低。图 3b 给出了用可调唇口逐渐迎合进口气流, 气流冲压进入管道能力增强, 补充的空气流量逐渐增多, 使得管道内气流的静压普遍提高, 导致出口截面静压值提高, 分布趋于均匀。说明唇口转动可以使原来出口不均匀的静压场变得均匀, 压力提高, 提高了进气道压力特性, 改善了管道的扩压效果。

3 结 论

(1) 随攻角增大, S 弯进气道内的压力大大减小, 当攻角达到 80° 时, 管道出口压力很低, 影响了进气道预扩压性能。(2) 可调唇口的机理是: 转动进口分离壁面喉道前的唇口部分, 使唇口处于一定角度位置, 一方面迎合前方来流, 理顺进口气流流动, 另一方面唇口后缘造成一个旁路进气门, 起着补充高能量气流的作用。(3) 可调唇口技术大大改善了进气道的预扩压性能。

参 考 文 献

- 1 Seddon J, et al. Understanding and Countering the Swirl in an S- Duct. Testing on the Sensitivity of Swirl to Fences. Aeronautical Journal, 1984, 88(974): 117- 127
- 2 Vakili A D, et al. Flow Control in a Diffusing S- Duct. AIAA Paper 85- 524
- 3 Weng P F, et al. New Method of Swirl Control in a Diffusing S- Duct. AIAA Journal, 1992, 30(7): 1918- 1919
- 4 翁培奋. 弯曲管道气流流动控制及分离流数值模拟: [学位论文]. 南京航空航天大学, 1991

(责任编辑 魏星禄)

IMPROVEMENT OF PRESSURE FIELD IN S- SHAPED DIFFUSER AT HIGH INCIDENCE BY VARIABLE LIP

Weng Peifen

(*Shanghai Inst. of Appl. Math. and Mech., Shanghai University, Shanghai 200030*)

Guo Rongwei

(*2nd Dept. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016*)

ABSTRACT

The effects of a variable lip on pressure field in an S- shaped air intake at high angle of attack have been investigated experimentally. The measurements of wall and exit static pressures were made at the range of incidence from 0 ° to 80 ° of lip angle from 0 ° to 50 °. With increasing angle of the variable lip, two effects exist: (1) the incidence seems to reduced, (2) a door with the same effect as auxiliary air intake door (AAID) occurs behind this lip because of its rotation, which allows air flow with a high kinetic energy into the diffuser. The results show that the pressure promotion is obtained in this kind of intake with the help of the variable lip technique.

Key Words Engine inlets Flow distortions Fluidics

REGULARIZATION PROCESSING OF INPUT DATA IN INVERSE HEAT TRANSFER PROBLEM AND ITS INFLUENCE ON THE SOLUTION

Zhou Jingwei and Cheng Shangmo

(*Dept. of Power Eng., Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074*)

Li Wenjun and Li Xijing

(*Engineering Thermophysics Lab., China Institute of Metrology, Hangzhou 310034*)

ABSTRACT

The major difficulty of the inverse problem lies in the fact that its solution does not depend continuously on the data and therefore is ill- posed. Based on Tikhonov's regularization method, a numerical procedure is provided for processing the input data in the inverse heat transfer problem, so that a uniform approximation is obtained both for the data function and its derivative. The effectiveness of the methods illustrated through simulated experiments using inexact data. The results demonstrate that the accuracy and stability of the inverse problem solution are significantly improved. The influence of the time step and the regularization parameter is also investigated. In addition, it is also shown that such a regularizing smooth procedure is obviously superior to the ordinary least square approximate method.

Key Words Heat transfer Regularization Precision Stability

A STUDY ON HORIZONTAL EJECTION CHARACTERISTICS OF EFFERVESCENT ATOMIZERS

Fan Quanlin, Guo Zhihui, Liang Xueping, Xu Hang, Gu Shanjian

(*4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083*)

ABSTRACT

The atomizing and flow field characteristics of a novel type of inject-