

## A<sub>40</sub>叶型串列叶栅的试验研究

惠兆森 刘占民 赵凤声 吉桂明

[提要] 本文根据A<sub>40</sub>叶型串列叶栅试验,给出了串列叶栅气动参数随冲角变化的关系曲线,讨论了缝隙收敛度对流动状态的影响,进一步充实了缝隙流动机理的阐述。为工程设计提供了可靠的依据。

主题词 压气机 串列叶栅 试验研究

### 主要符号

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| $\omega$ ——总压损失系数     | $\Delta P^*$ ——总压损失 |
| $\psi$ ——扩压系数         | $t$ ——栅距            |
| $i$ ——冲角              | $F$ ——缝隙收敛度         |
| $\Delta\beta$ ——气流转折角 | $\delta$ ——气流落后角    |

### 一、前 言

串列叶栅是一种使附面层得到适当控制的先进叶栅,目前处于试验研究和少数机种实用阶段[1][2]。与普通叶栅相比,串列叶栅具有以下明显优点:

1. 可以缩短机组的轴向长度;
2. 在多级跨音级压气机中,可使转子叶列出口绝对气流方向扭至轴向,以及在多级压气机出口使气流方向扭至轴向;
3. 既有较大的气流转折能力,又能在较高的进口马赫数下工作;
4. 前列叶栅对后列叶栅具有引导流动的作用,其稳定工作范围较宽。

目前,对于串列叶栅的研究,无论在理论研究或实验研究方面都还不够深入和系统。对A<sub>40</sub>叶型串列叶栅,还没有发现任何资料。本文是我们试验工作的初步结果,这些结果可以作为工程设计的依据。

本文收到日期:1986年12月5日

### 二、 串列叶栅在不同冲角下的气动性能

图 1 是串列叶栅总压损失 $\omega$ 与气流转折角 $\Delta\beta$ 的关系曲线。从图中可以看出，当保持总压损失 $\omega \leq 0.06$ 时，气流转折角 $\Delta\beta$ 可高达 $51.5^\circ$  [3] [4]。普通叶栅，在保持损失相同时，气流转折角 $\Delta\beta$ 一般不超过 $46^\circ$ 。

图 2 是串列叶栅气动参数随冲角变化的关系曲线。当总压损失 $\omega = 0.056$ 时，气流转折角 $\Delta\beta = 50^\circ$ ，扩压系数 $\psi = 0.042$ 。当总压损失取最小值 $\omega = 0.04$ 时，气流转折角 $\Delta\beta = 48.2^\circ$ ，扩压系数 $\psi = 0.4$ 。与普通叶栅相比，参数值都较大。

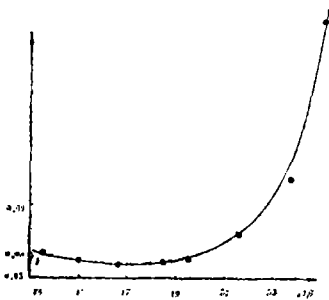


图 1  $\omega \sim \Delta\beta$  关系曲线

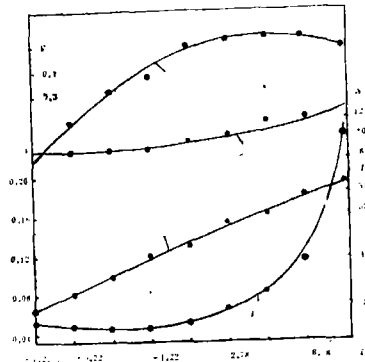


图 2 气动参数与冲角关系曲线

### 三、 收敛度对流动的影响

如图 3。缝隙收敛度 $F$ 等于缝隙进口截面与出口截面之比， $F = F_1 / F_2$ 。

在其它参数不变的情况下，缝隙收敛度对流动状态的影响很大。当收敛度比较适宜时，前列叶栅流出的气流，其滞止流线（缝隙流道气流与主流道气流的分界线）落在后列叶栅前缘点附近，成零冲角或较小的负冲角流入后列叶栅，气流在缝隙中平滑地加速。此时缝隙的作用是：

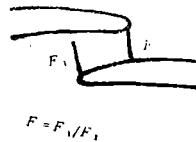


图 3 缝隙收敛度示意图

1. 由于滞止流线位置比较理想，滞止点周围气流畸变达到最小程度。气流在缝隙中平滑地加速，当气流经缝隙流出时，中断了前列叶型附面层的发展，并对其有引射作用，使前列叶栅尾迹中气流能量提高；

2. 后列叶栅附面层从缝隙处重新形成，再加上缝隙流出的高速气流的作用，背弧附面层较薄，这样，缝隙的存在使附面层的形成和发展得到了一定的控制，自然降低了损失。

当缝隙收敛度过大时，滞止流线落在后列叶栅背弧上，此时流动情况是：

1. 滞止流线周围气流畸变较大,在滞止点附近气流局部减速较大,甚至出现气流不流动的死区。造成气流方向改变,使后列叶栅内附面层增厚,严重时导致脱流;

2. 气流畸变使气流速度降低,缝隙中附面层增厚,容易产生缝隙流道堵塞现象,致使前列叶栅尾迹扩散发展,损失加大。

当缝隙收敛度过小时,此时缝隙流道为扩张流道。滞止流线落在后列叶栅内弧上,气流在后列叶栅前缘产生畸变。在缝隙流道中,气流减速扩压,经缝隙流道流出时,产生两个作用:

1. 虽然能够起到吹除附面层,增高前列叶栅尾迹能量,改善流动状况的作用。但是,由于气流在缝隙流道中减速扩压,气流速度不会比主气流高许多,所以作用不会大;

2. 由于在缝隙中是扩压减速,流出缝隙时,其本身能量低于前列叶栅流来的气流能量,气流速度比主气流速度低,致使前列叶栅尾迹增大、扩散,易于引起后列叶栅背弧过早发生脱流。

图4的尾迹图形表明,只有当缝隙收敛度比较适宜时,才有两个比较独立的尾迹,缝隙收敛度过大或过小都使尾迹互相干扰、掺混、增大损失。所以图4的尾迹图形证明我们前面的分析是正确的。

本文的试验是在实体壁风洞上进行的,密流比的影响没有排出。

参加本试验工作的有工程师刘锡奇,助理工程师牟尚军同志。

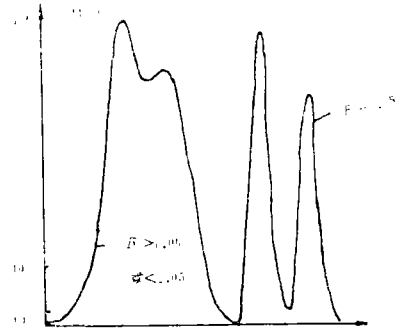


图4 尾迹损失图

### 参考文献

- [1] 吴国钊等:串列叶栅在航空发动机中的应用《国外航空》1979.4.
- [2] 庄表南等:压气机双圆弧串列叶栅流动性能的试验研究 中国工程热物理学会轮机分会论文 1984.4.
- [3] N.Lsanger: Analytical Study of the effects of geometric changes on the flow characteristics of tandem-blade compressor stators, NASA-TND 6264 1971.
- [4] 刘占民等:串列叶栅试验报告 七〇三所科技报告 1985.11.

# JOURNAL OF ENGINEERING FOR THERMAL ENERGY AND POWER

No.2 1987

## CONTENTS

### GAS TURBINES

1. Experimental study of  $A_{4,0}$  profile tandem cascades  
..... Hui Zhaosen, Liu Zhaoming, Zhao Fengsheng, JiGuiming (1)  
Synopsis  
In this paper the curves of tandem cascade aerodynamic parameters versus incidences have been given on the basis of the results of  $A_{4,0}$  profile tandem cascade tests. The effect of the slot convergence on flow conditions has been discussed with a more detailed explanation of the slot flow mechanism. All this has provided a reliable basis for relevant engineering designs.
2. Identified Soviet gas turbine powered naval ships  
.....Translated by Tan Zhenxiang (4)
3. Some observations concerning the use of prototype stages in nonmilitary axial compressor design  
..... Wu Yanjie (6)

### STEAM TURBINES

4. Analysis of multi-objective decision-making (MODM) for marine steam turbine stage groups.....Chen Lingen, Zhang Junmai (10)  
Synopsis  
On the basis of our previous successful application of MODM procedures to turbine stage flow path optimization design, this paper puts forward a simplified model for turbine stage group flow path design. The model has been found to be basically in conformity with the actual conditions.  
A calculation example of three-stage group by use of this model has been given with a discussion of the effect of enthalpy drop distribution on turbine performance and an analysis of the effect of the number of stages on efficiency. The optimization effect was found to be remarkable.

### BOILERS

5. Sawdust-fired fluidized-bed boilers  
.....Wang Ruoqing, Sun Xiudi, Meng Fanzhang, Ren Abao (17)