

文章编号: 1000-8055(2000)01-0027-04

静叶角度调节对压气机性能影响的试验研究

张 健 任铭林

(航空燃气涡轮研究院, 四川 江油 6217603)

摘要: 本文介绍了通过调节一三级轴流压气机各级静叶角度组合, 以改善级间匹配关系, 从而来提高压气机性能的试验研究方法和过程。试验结果表明, 静叶角度的改变对压气机性能有着极为明显的影响。通过试验, 找到了该压气机在设计转速下的一组最佳角度匹配。最高绝热效率提高了 7.4 个百分点, 稳定工作裕度也有了显著的增加。

关 键 词: 静叶片; 角度; 压气机性能

中图分类号: V 263. 3

文献标识码: A

1 引 言

压气机是对发动机的性能、稳定性、可靠性和成本有极大影响的重要部件, 随着发动机技术的发展, 要求不断提高压气机的级压比、效率和扩大稳定工作范围。

改善压气机气动设计技术的重要途径是深入了解多级轴流压气机级间匹配的流动机理, 摸索各级静叶安装角之间的相互影响, 寻找可获得最佳性能的各级静叶角度组合。目前, 多级轴流压气机的特性预估方法还难以准确计算出静叶角度变化对多级轴流压气机性能的影响。通过试验调试, 加上叶片角度优化程序的辅助计算, 从而寻找各

级静叶角度的最佳匹配, 仍是现实可行的方法。

作为高性能多级轴流压气机技术研究计划的一部分, 我们参考 NASA TP- 2597 技术报告^[1]和有关资料。研制了一台三级高性能压气机试验件, 在燃气涡轮研究院的全台压气机试验台上进行了气动性能试验研究。本文介绍了试验研究的部分工作, 即通过调节各级静叶安装角的优化匹配来寻找压气机的最佳性能, 以及角度变化对压气机性能的影响。

2 试验设备和试验件

试验设备: 试验设备为敞开节流式轴流压气机试车台, 其结构简图见图 1 所示。空气通过防尘

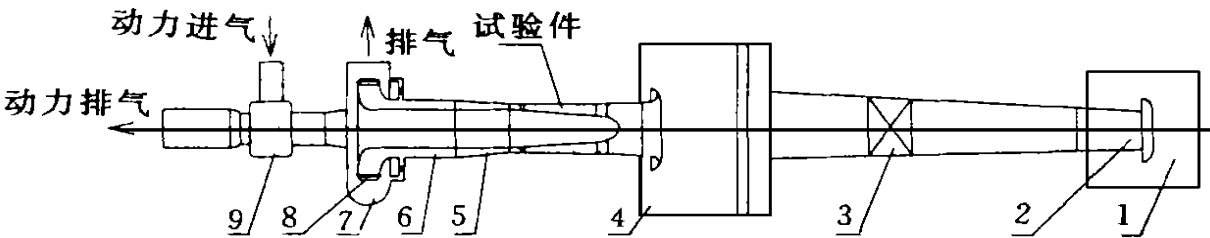


图 1 试验器结构简图(1 防尘网 2 流量测量管 3 进气节气门 4 稳压箱 5 齿轮增速器
6 排气道 7 排气收集器 8 排气节气门 9 动力装置)

收稿日期: 1999- 01- 18; 修订日期: 1999- 04- 08

作者简介: 张健(1962-), 男, 航空燃气涡轮研究院研究员, 在职博士研究生

网过滤进入,流经流量管和节流阀进到试验段上游的稳压箱。然后,经压气机试验件后,进入排气系统排入大气。

试验件:为了验证设计软件和试验方法,根据文献[1]提供的部分数据,我们设计了一台三级轴流压气机,作为后续改进设计的原准机。在标准大气进气条件下,其设计点的主要性能参数:总压比为 4.474,绝热效率为 0.799,流量为 29.71 kg/s,转速为 16042 r/min,喘振裕度不低于 15%。

3 试验内容和方法

3.1 主要试验内容

(1) 寻找压气机相对换算转速 $\bar{n}=1.00$ 的最佳静叶角度组合; (2) 录取压气机在 $\bar{n}=1.00$ 的最佳角度组合下的总性能参数; (3) 研究各级静叶角度调整对压气机性能的综合影响。

3.2 测试方法

3.2.1 数据采集处理系统

数采系统由 COM PAQ 微机、Neff620 巡回检测装置、压力扫描阀、温度参考接点箱、无汞气压计、转速数字显示仪、YJF 浮球式标准压力计、SVI-4 型标准真空发生器和 CR-3240 打印机等组成。在微机控制下进行数据采集,并由它对数据进行实时处理。

压力扫描阀精度为 0.1%; Neff620 巡检测装置精度为 0.1%; 转速数字显示仪精度为 0.1%; YJF 型浮球式标准压力计精度为 0.05%; 温度参考接点箱精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$; SVI-4 型标准真空发生器精度为 $\pm 0.05\%$; 无汞气压计精度为 0.26%。

3.2.2 仪表布置

空气流量由安装于试车台进气段上游的流量管测定。在压气机试验件上游稳压箱里放置 2 支铜电阻,来测量压气机的进口平均温度。在压气机的进口测量段周向均布了 3 支总静压复合探针,每支复合探针在叶高方向按等环面安排了 5 个探头。另外在进口支板后缘流道中径处,布置了 1 支沿周向有 11 个测点的压力耙(测量宽度为支板最大厚度的 1.5 倍),来测量支板后气流总压分布,以便于修正进口平均总压。在压气机三级静子出口下游,安排了 1 支沿栅距有 11 个测点的总压耙

和 1 支 T 型热电偶,耙子可径向移动。同时还布置了 2 支梳状总压杆,每支杆上有 5 个探头,沿叶高按等环面分布。

转速采用 M 3010 型磁电式传感器测量。

压力信号的转换采用 7 个 SCAN VALVE 公司的 48 孔式顺序压力转换装置,每支上装一压力传感器。为保证压力测量精度,消除传感器的零漂影响。在试验过程中采集压力参数的同时也采集用标准压力发生器输出的标准压力,既对压力传感器测量精度进行监视,同时也对测量的压力进行实时修正。压气机出口温度的测量是用铜(康铜)电偶,其冷端接参考接点箱来进行温度补偿。

3.3 试验方法

首先,参照文献[1]提供的最佳静叶角度组合 15°/10°/10°/10° 进行了调节试验,但结果不理想。在压气机相对换算转速 $\bar{n}=1.00$ 时的最高效率为 0.832。接着,利用试验件配套的静叶安装角调节系统(由计算机控制 4 台步进电机来调节静叶角度),进行了 22 组角度组合的调节试验。考虑到压气机在设计角度下,流量偏大,因而静叶选用了关的调节规律(增大静叶弦长与压气机轴线的夹角为“+”)。

4 试验结果

经过对各级静叶安装角的多次组合搭配,初步确定了各级角度较佳匹配关系约为 1.53:1:0.88:0.94。在角度为 13°/8.5°/7.5°/8° 时,得到了压气机设计转速下的最高效率。相比于设计静叶安装角下的最高效率提高了约 7.4 个百分点,达 0.844(见图 2)。在设计转速下,基本满足了设计流量,且稳定工作范围明显变宽。以最高效率点为参考点,计算出稳定工作裕度为 20%(优化前设计转速下的稳定工作裕度为 7%)。

图 2 给出了压气机优化前后的性能特性线对比图。图 3 中给出了各级静叶角度调节时,压气机效率峰值的变化趋势。从特性线上来看,压气机优化后高转速段的总体性能有明显改善,优化后的流量裕度有了大幅提高。但压气机 85% 转速以下的性能却有所恶化。这表明压气机在不同的转速段上,各级静叶角度的组合关系对压气机性能的影响趋势是完全不同的。从图 3 中可以看出效率峰值随着调节角度的增大而提高,但当角度调节

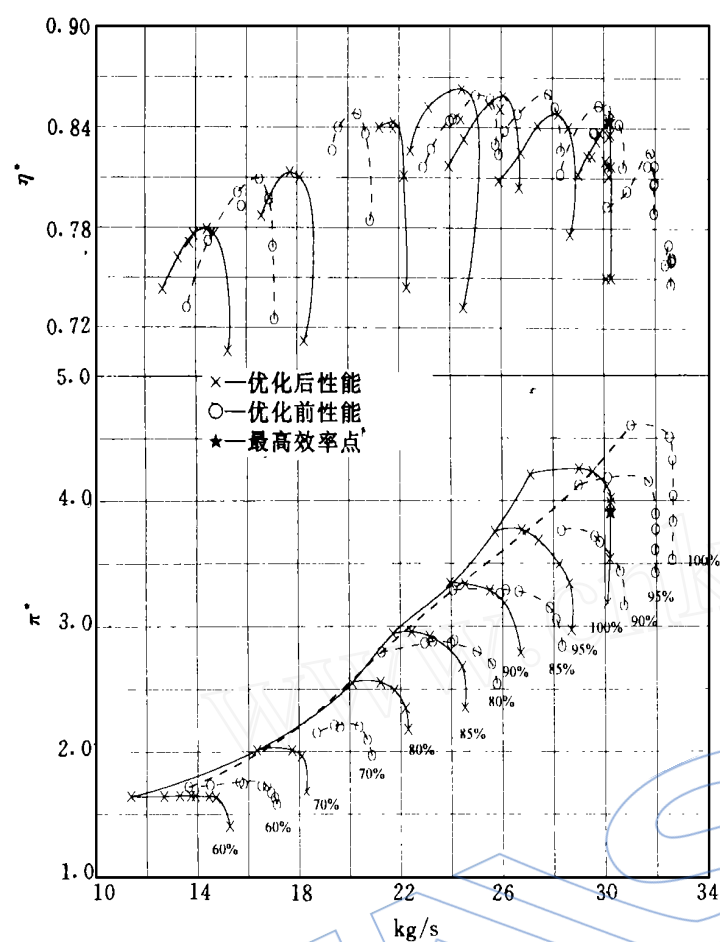


图2 压气机总性能对比图

到一定值后,再增大反而使得效率峰值下降。

表 1 示意的给出了在设计转速下,各级静叶角度的单位变化对压气机性能的影响量。显然,进口导向叶片和一级静叶角度的变化,对压气机流量和效率起着主要的影响。

表 1 在设计转速下各级静叶角度的单位变化对压气机性能的影响量

项 目		静叶角度单位变化 (+)			
		IGV	1S	2S	3S
相对变化量	流量	1.1%	1.7%	0.5%	0.4%
	效率	0.1%	0.7%	0.1%	0.3%

图 4 和图 5 给出了该压气机出口温度和压力

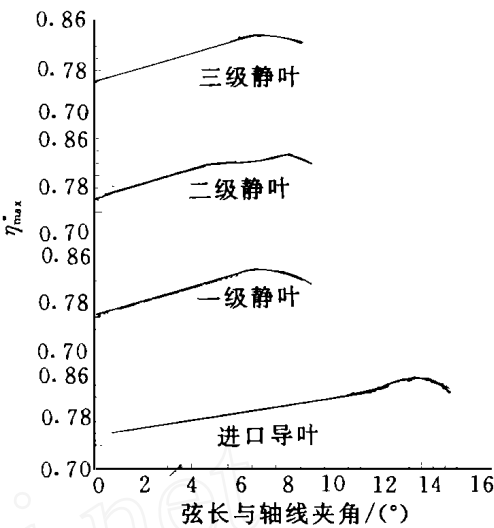


图3 效率峰值随角度调节的变化趋势

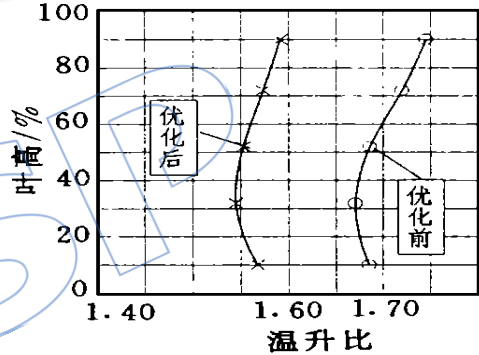


图4 $n=1.00$ 出口温度沿叶高分布

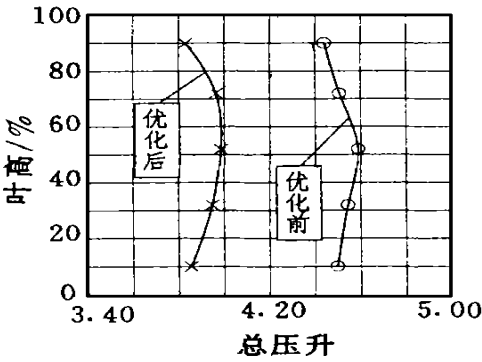


图5 $n=1.00$ 出口压力沿叶高分布

沿叶高的变化趋势。在图 6 中列出了压气机出口总温和总压在径向沿栅距的分布规律。所有分布均指压气机在设计转速下的最高效率状态。从图中可以看出,优化后的压气机出口流场的均匀性有所改善,气流沿叶高的掺混较优化前更为充分。

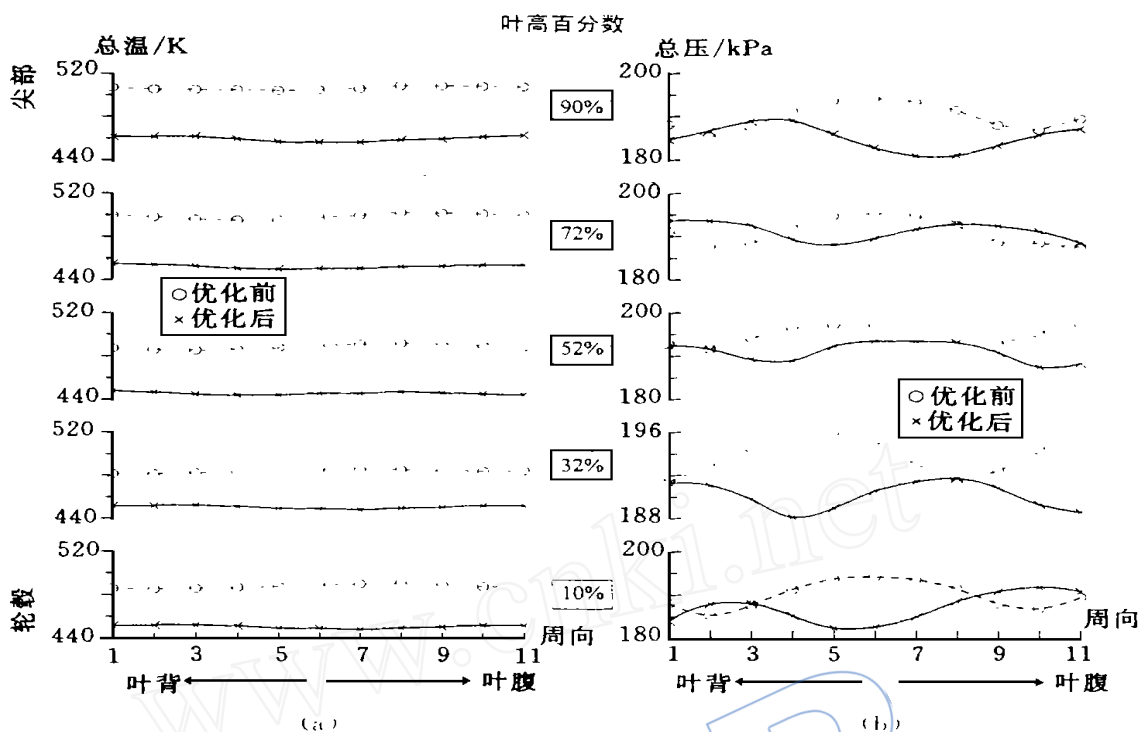


图 6 $n=1.00$ 出口温度、出口压力在径向沿栅距分布 (a) 出口温度; (b) 出口压力

5 结 论

- (1) 通过调节各级静叶角度组合, 使压气机级间匹配趋向于良好, 有助于改善压气机的性能。
- (2) 该压气机在不同的转速段上, 各级的匹配关系是有所不同的。
- (3) 进口导叶和一级静叶的角度变化, 对压气

机的性能起着主要的影响。

参 考 文 献

- 1 Ronlad J. Steinke Design of 9.271 Pressure- Ratio Five- Stage Core Compressor and Overall Performance for First Three Stages[R] NASA TP- 2597, 1986

(责任编辑 杨再荣)

Experimental Investigation on Effect of Stator Vane Angle Adjustment on Compressor Performance

Zhang Jian, Ren Minglin

(China Aero- Gas Turbine Establishment, Jiangyou 621703, China)

Abstract In order to improve the performance of a three- stage axial compressor, an experiment method and procedure are presented for improving its inter- stage matching by adjusting the stator vane angles of stages. The results show that the stator vane angle variation has a remarkable effect on the compressor performance. A set of optimum matching vane angles at design speed was found by the tests. The highest adiabatic efficiency is increased by 7.4% and the stability operation margin also has a notable increase.

Key words: stator blades; angle; compressor characteristics