

文章编号: 1000-8055(2002)04-0404-03

超跨音对转涡轮试验台

刘思永¹, 王 屏¹, 卢聪明², 晏山平¹, 方祥军¹

(1 北京航空航天大学 动力系, 北京 100083;

2 中国航空工业第六零八研究所, 湖南 株洲 412002)

摘要: 超跨音对转涡轮试验台由进气蜗壳、轴流式试验段(2 个转子)、排气蜗壳、2 个减速箱、2 个电涡流测功器、燃烧加热器、滑油系统等组成。它可以允许轴流式涡轮高低压转子对转或同向旋转, 对有或无导叶涡轮进行气动方面的研究工作。采用不接触测量, 如 PIV 激光测速等可视化测量手段, 便于对级间流场的分析研究。

关键词: 对转涡轮; 试验台; 超跨音

中图分类号: V 231.3

文献标识码: A

Contra-Rotating Turbine Test Rig with Transonic-Supersonic Profiles

LIU Siyong¹, WANG Ping¹, LU Congming²

YAN Shan-ping², FANG Xiang-jun¹

(1. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China;

2. 608 Research Institute of China Aviation Industry, Zhuzhou 412002, China)

Abstract: The test rig consists of intake and exhaust collectors, axial tester (two rotors), two speed reducers, two eddy-current brakes, heater and lubricating system. The high pressure and low pressure rotors can rotate either in the same or opposite directions. Research about aerodynamics of turbine with or without guide vanes are conducted. The interstage flow field is analyzed by means of noncontact measuring and visualization device, such as PIV laser velocimeter.

Key words: contra-rotating turbine; test rig; transonic-supersonic mode

1 对转涡轮试验台的主要功能及性能指标

北航利用国家对重点高等院校实施“211”工程的机遇, 与 608 所合作, 在北航建立起 1 个研究对转涡轮性能的试验台。在世界各国的高等院校中, 有此类试验台并不多见, 美国的 MIT (麻省理工学院) 和俄罗斯的 MAI (莫斯科航空学院) 有此类试验台。因此, 建立我们自己的对转涡轮试验台是发展科技事业的迫切需要。

这个涡轮试验台可进行轴流式单、双转子同向旋转及对转的涡轮气动性能方面的试验, 它由

进气蜗壳、试验段、排气蜗壳、燃烧加热器、燃油系统、滑油系统、2 个变速箱、2 个电涡流测功器、流量测量装置、压力、温度、流场非接触测量装置和控制系统组成。全部测量参数如压力、温度、转速、扭矩等由电传感器、数据高速采集系统和计算机实时处理系统整理。试验件的性能由相应的软件和硬件支撑, 可作到试验件的性能现场可视化。

设备的性能指标如下: 流量 $G = 0 \sim 3.5 \text{ kg/s}$; 转速 $n = 40000 \text{ r/min}$; 涡轮进口压力 $P_{\text{进}} = 0.55 \text{ MPa}$ (绝对); 出口压力 $P_{\text{出}} = 0.11 \text{ MPa}$ (绝对); 涡轮进口温度 $T_3 = 473 \text{ K}$; 吸收功率 $N = 400 \times 2 \text{ kW}$ (2 台); 试验件通道最大外径 $D_{\text{外}} = 200 \text{ mm}$ 。

收稿日期: 2001-09-04; 修订日期: 2001-10-19

作者简介: 刘思永(1939-), 男, 湖南长沙人, 北京航空航天大学动力系教授, 主要从事涡轮气动研究

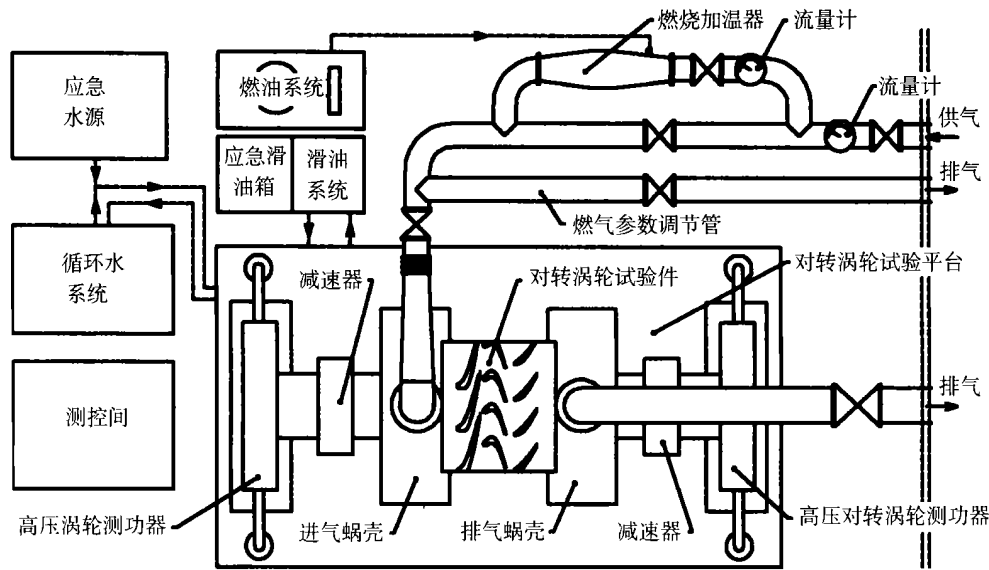


图 1 对转涡轮试验台系统图

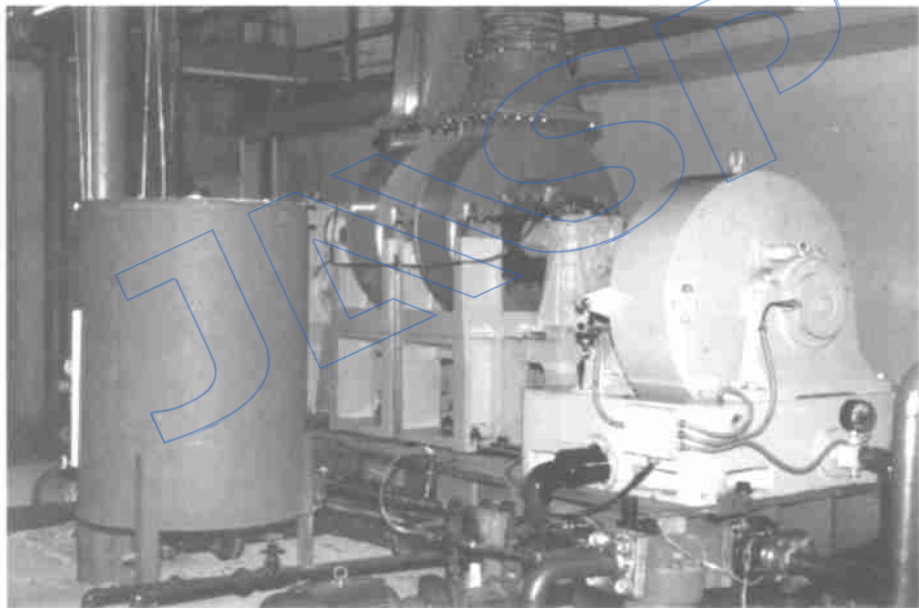


图 2 北航对转涡轮试验台

整个试验台的机械部分安装在 1 个大平台上, 便于设备的调试和安装, 试验段可以根据要求安装不同试验件。它既可以作单转子涡轮也可以作双转子涡轮试验, 既可同向旋转也可反转, 既可作单级涡轮, 也可做多级涡轮试验, 它还可以做环形叶栅及流函数试验。它是 1 个涡轮性能的综合试验台。

采用变速箱, 主要是为了与电涡流测功器相配合。由于电涡流测功器的转速范围不大于 7000 r/min, 所以在试验涡轮和电涡流测功器之间, 加 1 个减速器, 其减速比为 8。采用电涡流测功器的

最大优点在于, 其冷却水不与转动的盘接触, 因而不会发生像所有的水力测功器那样的气蚀问题, 同时测功精度高, 转速摆动很小, 这是水力功测功器不具备的。电涡流测功器的加载, 完全由直流电源控制, 可以连续平稳地调节载荷。加载直流电流的大小, 决定了测功器吸收载荷的大小, 它有自动控制系统, 可以实现恒转速加载, 或恒扭矩加载。电涡流测功器的精度可达: 转速 n : 1 r/min in, 扭矩 M : $\pm 0.3\%$ F. S

关于设备的强度问题, 主要是采用有限元法预估了涡轮转子和测功器转子的一阶临界转速及

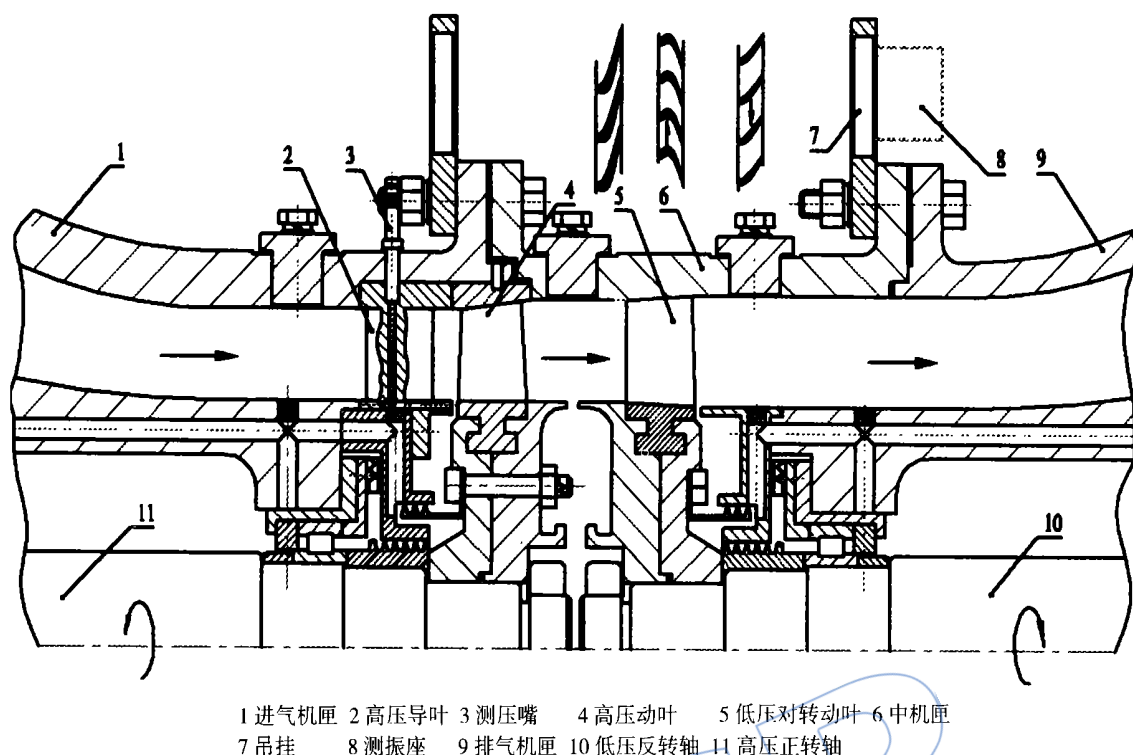


图 3 轴流式对转涡轮测试台试验件简图

轮盘的破裂转速。计算结果表明: 2 个轴系均为刚轴, 且盘的强度储备是足够的。此外, 变速器的设计仿效了涡轴 8 发动机变速器的结构尺寸, 后者是长期装机使用的定型产品。

2 测试系统的主要特点

试验涡轮的进出口及级间均可测压力、温度, 由高精度传感器测量, 其 A/D, D/A, 及位移机构、采样系统均由计算机控制。全部数据连机, 实时处理、测量数据的处理软件有专用的, 也有可编制的。根据试验件的要求来决定, 还装有 PV 系统, 利用激光测量级间的流场, 可作到不接触测量, 对级间流场无干扰, 极大地提高了测量的精度, 如超跨音状况下, 流场的激波结构等, 达到可视化程度, 这对于深入了解涡轮通道及叶栅级间的流动状况, 有很重要的意义, 便于分析问题, 以及与 CFD 的结果相比较, 可以发现新的现象, 以丰富和发展气体力学的理论, 提供新的设计涡轮的方法及丰富数据库。采用先进的不接触测量流场和可视化手段, 是这个试验台的最大特点。

3 结 论

(1) 建立超跨音对转涡轮试验台是我国基础

研究与应用研究之基本设备。

(2) 采用可视化间接测量手段是提高研究水平之必需。

(3) 在高等院校发挥其人才资源优势, 利用先进的试验设备, 探讨新的涡轮气动方案和设计方法, 不断创新开发是切实可行的。

参考文献

- [1] Louis J F. Axial Flow Contra-Rotating Turbines[R]. ASME, 85- GT- 218, 1985
- [2] Huber F W, Branstom B R, Finke A K, Johnson P D, Rowey R J. Design and Test of a Small Two Stage Counter-Rotating Turbine for Rocket Engine Application [R]. AIAA 93- 2136, 1993
- [3] Finke D P. The Design and Fabrication of a Small Highly Instrumented Counterrotating Turbine Rig[R]. ASME, 93- GT- 396, 1993
- [4] A B. Ponomarev, Sotsenko Y V. Using Contra-Rotating Rotor for Decreasing Sizes and Component Number in Small GTE[R]. ASME, 92- GT- 414, 1992

(责任编辑 王震华)