
低雷诺数下一体化超紧凑过渡段非定常流动机理研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3058.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

低雷诺数下一体化超紧凑过渡段非定常流动机理研究获进展。航空发动机的高低压涡轮之间采用过渡段连接。为了减轻发动机重量，提高低压转子动力学特性，现代航空发动机广泛采用超紧凑过渡段。超紧凑过渡段内存在复杂的压力分布，其进口存在旋流、尾迹、激波和叶顶间隙泄漏流等现象；一些发动机过渡段内甚至布置了宽厚支板；此外，高空巡航状态下涡轮流动雷诺数大幅下降等因素使超紧凑过渡段及其下游低压涡轮内部极易出现流动分离，严重影响了过渡段及低压涡轮气动性能。

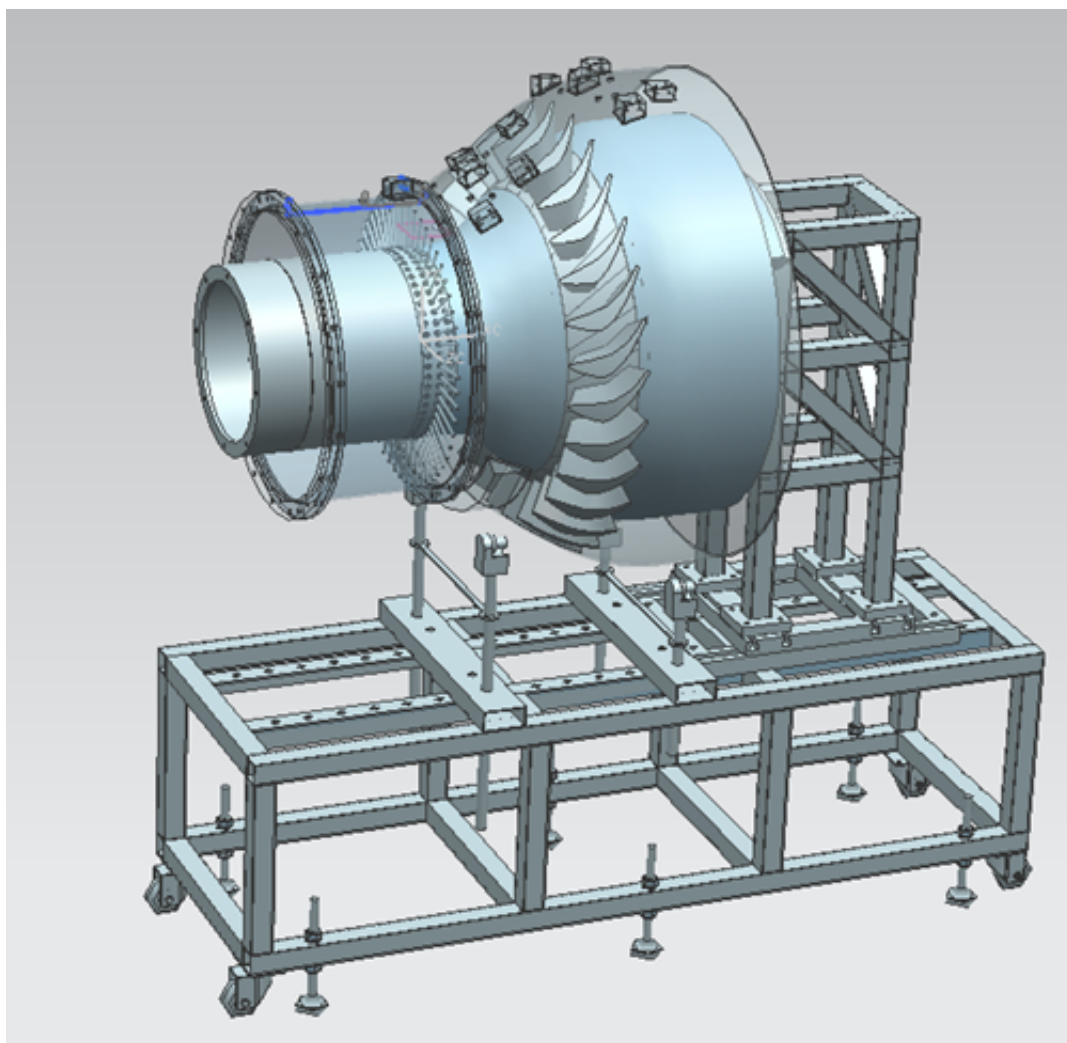
中国科学院工程热物理研究所研究人员将低压涡轮导向器与支板合并，实现过渡段与低压涡轮导向器一体化设计，可有效提高过渡段、低压涡轮的紧凑度，从而改善过渡段内部流场组织并抑制传统超紧凑过渡段内的三维分离。此外，前人研究表明尾迹扫掠可改善下游叶片性能。该项目采用数值模拟及实验方法，对利用超紧凑过渡段上游高压转子尾迹来抑制过渡段下游低压涡轮导向器吸力面附面层分离的机理进行了深入研究，实验台如图1所示。

研究者对比分析了高空低雷诺数设计工况下，均匀进气和尾迹扫掠时的一体化超紧凑过渡段内部流动状态和损失特性；阐述了尾迹在一体化超紧凑过渡段内的输运特性和一体化超紧凑过渡段的非定常流动机理；揭示了低压涡轮导向器吸力面的分离流动特征和转捩机制，如图2所示。

来流条件对一体化超紧凑过渡段非定常流动，尤其是低压涡轮导向器附面层分离、转捩机制有重要影响。在一体化超紧凑过渡段非定常流动机理研究的基础上，研究团队进一步研究了雷诺数和湍流度的变化对一体化超紧凑过渡段非定常流动性能的影响后发现，一体化超紧凑过渡段的损失随着来流雷诺数的增大而降低，流场组织也得到了一定改善；湍流度对一体化超紧凑过渡段的影响相对较小，且其对一体化过渡段的影响具有双重性，一体化过渡段内的损失变化取决于湍流度正反两方面作用的平衡。

挖掘利用尾迹扫掠来提高一体化超紧凑过渡段气动性能的最大潜力是该研究的重要目标。通过研究尾迹强度和尾迹扫掠频率两个尾迹特征对一体化超紧凑过渡段非定常流动的影响后发现，尾迹强度对一体化过渡段的三维非定常流场特性，尤其是低压涡轮导向器吸力面附面层的影响较大。尾迹强度和尾迹扫掠频率对一体化过渡段的非定常流动性能均具有双重作用。图3为不同尾迹强度和不同尾迹扫掠频率下一体化超紧凑过渡段流道内损失的时均值分布。可以看出，保持其他因素不变，综合过渡段通道和低压涡轮导向器损失的一体化超紧凑过渡段的损失分别在 $d=2.6\text{mm}$ 及 $f=1.34$ 时最小。

该研究得到航空动力基金(6141B090309)的支持，已发表SCI论文2篇，申请发明专利3项。

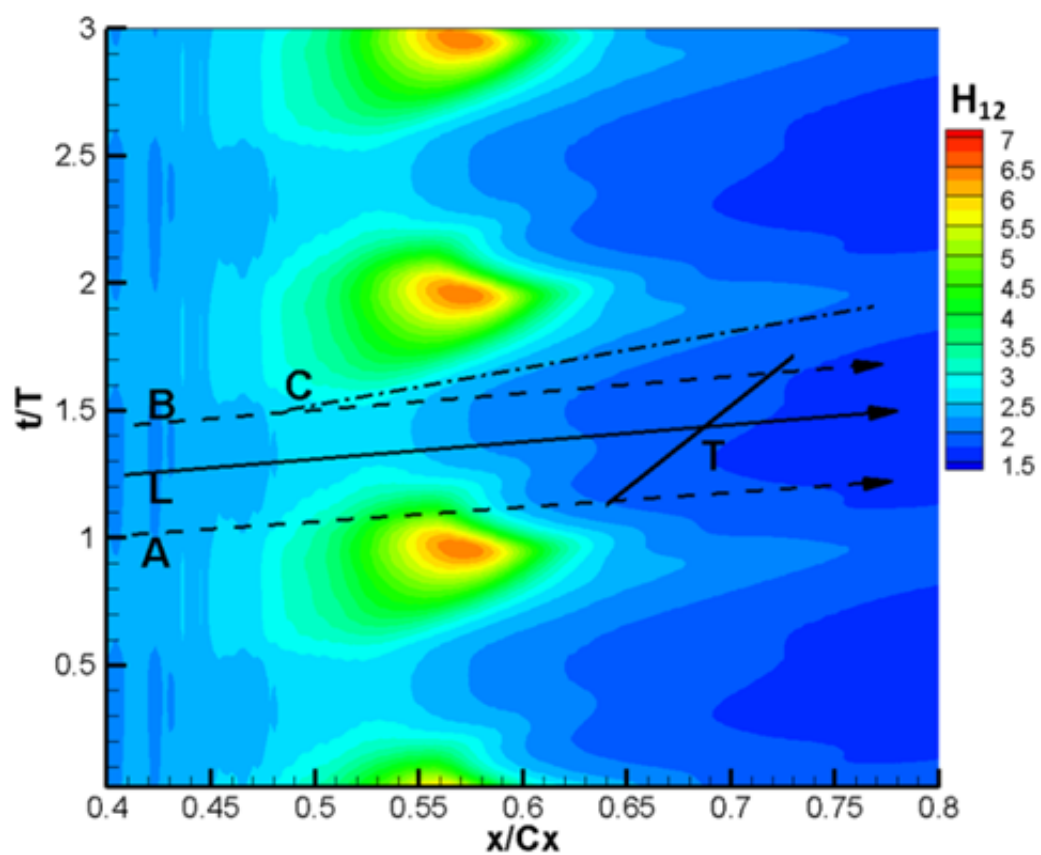


(a)装配图

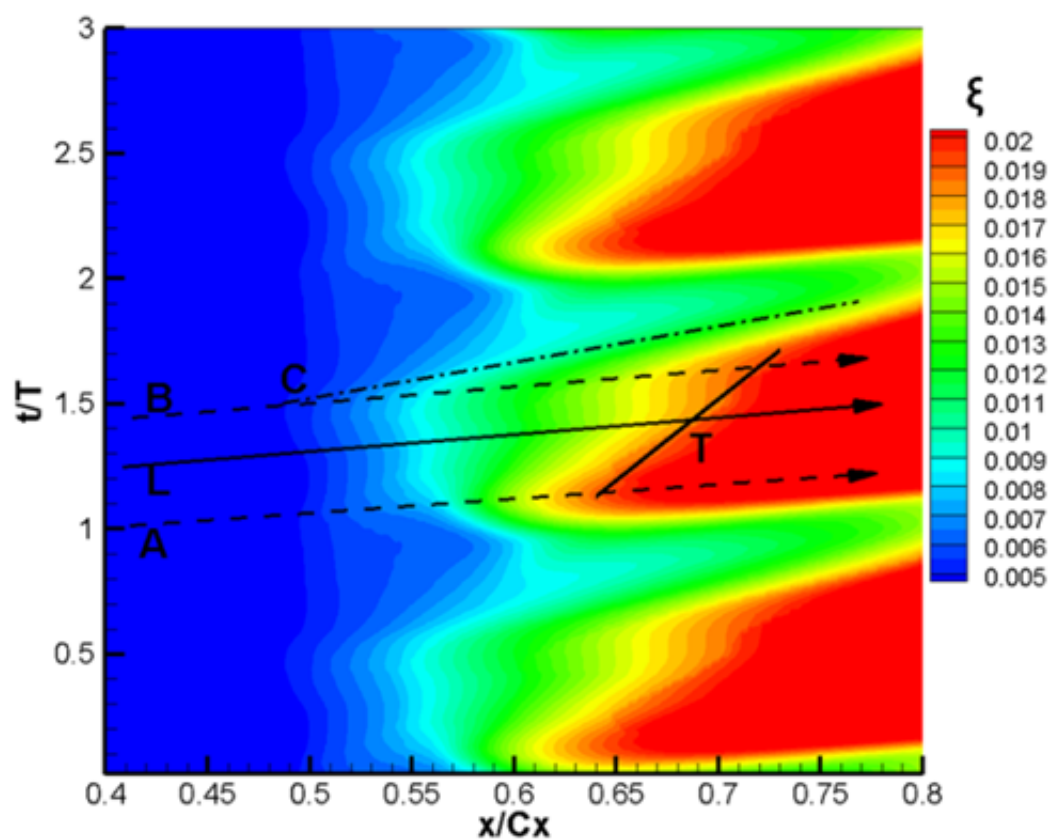


(b)实物图

图1 一体化超紧凑过渡段实验台

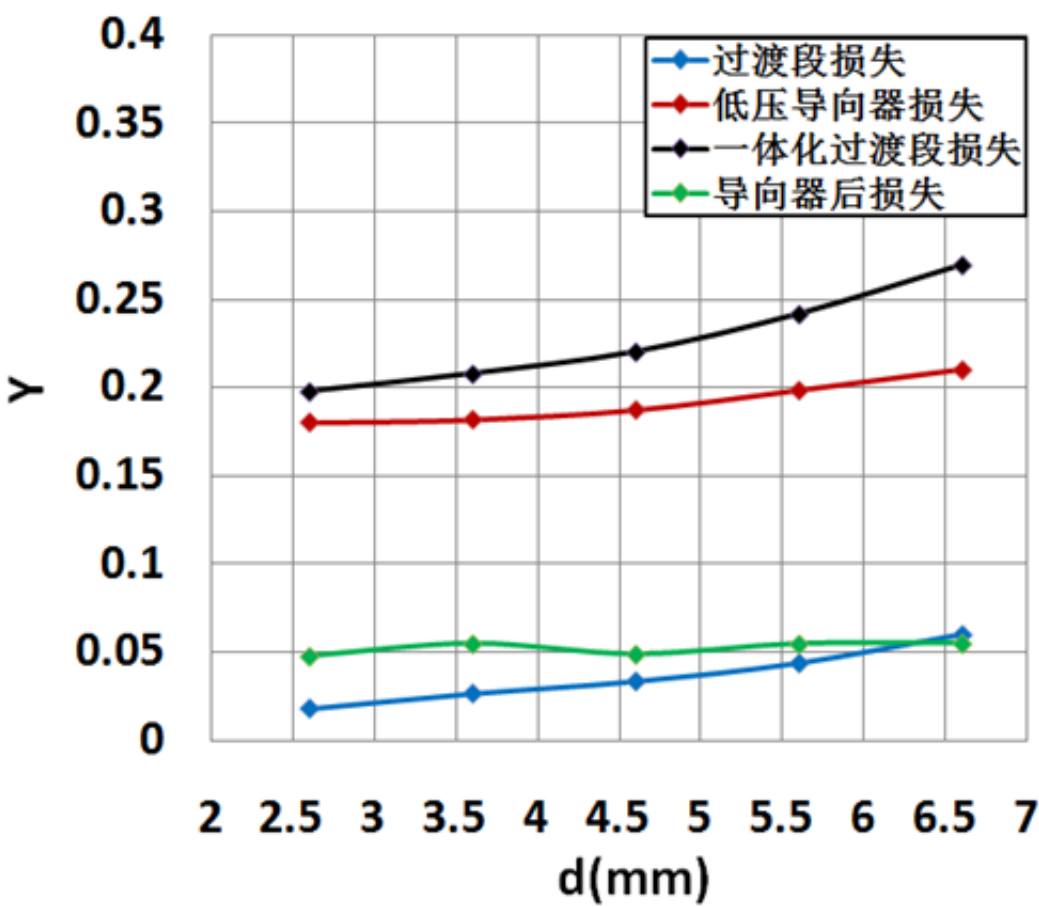


(a)形状因子

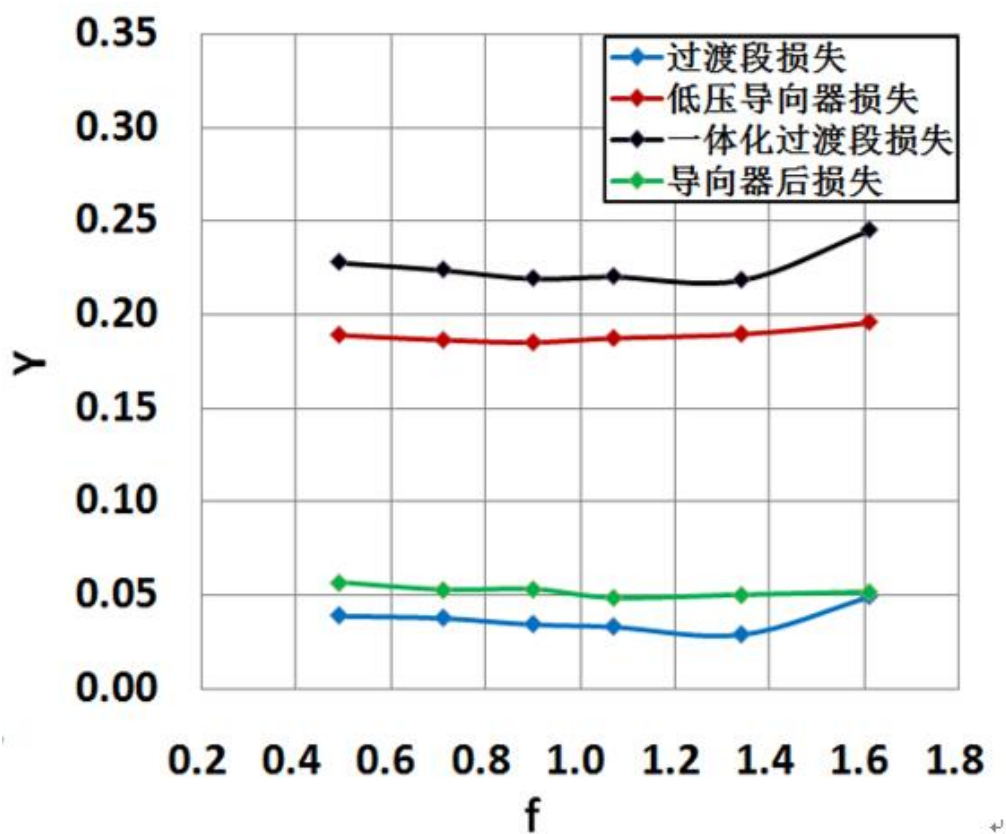


(b)附面层损失系数

图2 低压涡轮导向器吸力面附面层积分参数时空云图



(a)不同尾迹强度



(b)不同尾迹扫掠频率

图3 不同尾迹特征下各分析截面的损失系数时均值分布

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发