
来流条件对一体化超紧凑过渡段非定常流动性能的影响研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/6699.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！

来流条件对一体化超紧凑过渡段非定常流动性能的影响研究获进展。现代高性能航空发动机上广泛应用的超紧凑过渡段(具有更大面积比、更短轴向长度和更大径向跨距)在减轻发动机重量、提升低压转子动力学特性的同时，也存在过渡段内部及其下游低压涡轮极易出现流动分离，致使过渡段和低压涡轮气动性能严重恶化的问题。因此，中国科学院工程热物理研究所研究团队提出将低压涡轮导向器与支板合并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。鉴于前人研究表明尾迹扫掠可改善下游叶片性能，研究团队提出利用上游高压转子尾迹扫掠来抑制低压涡轮导向器吸力面的流动分离。

研究团队前期研究阐述了尾迹在一体化超紧凑过渡段内的输运特性和“负射流”效应。在高空低雷诺数设计工况下，经过过渡段传播和耗散后的尾迹仍具有抑制附面层分离和激励附面层转捩的作用;研究团队分析了尾迹抑制低压涡轮导向器吸力面分离的流动机理，并发现尾迹诱导宽弦长低压涡轮导向器吸力面转捩过程中的“寂静区”效应。尾迹在抑制附面层分离的同时，引起附面层湍流粘性损失的增加;尾迹后的寂静区在抑制附面层分离的同时又不增加附面层损失。

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、转捩流动机制有重要影响。在前期一体化超紧凑过渡段非定常流动机理研究的基础上，研究团队针对雷诺数和湍流度两个重要来流条件对一体化超紧凑过渡段非定常流动性能的影响进行了详细、深入的研究。

在该项目研究的雷诺数范围内，随着雷诺数的增大，过渡段通道内流向涡的尺寸变小，漩涡结构更规整密集，连续性变好，总压系数径向分布的均匀性提高，尤其是机匣附近，过渡段通道损失几乎不随雷诺数变化。随着雷诺数的增大，低压涡轮导向器吸力面上分离泡尺寸和出现频率减小(如图1所示)，轮毂附近诱导涡影响范围大大减小，低压涡轮导向器中部和下部损失明显减小;附面层的位移厚度和动量厚度以及湍流区的面积和强度均减小，寂静区的作用范围增大，导向器吸力面的分离损失和粘性损失都随着雷诺数的增大而减小，低压涡轮导向器的损失随雷诺数的增大而减小，且降低幅度逐渐减小。综上分析，一体化超紧凑过渡段的损失随着雷诺数的增大而减小。

在该项目研究的湍流度范围内，随着湍流度的增大，过渡段通道70%-90%叶高的总压系数径向分布不均匀性明显改善，但过渡段通道的端壁附面层增厚。湍流度对过渡段通道的影响具有双重性，其损失在 $Tu=2.2\%$ 时最小。低压导向器85%截面在50% C_x -70% C_x 处的压升系数随着湍流度的增大呈现先减小后增大的趋势。随着湍流度的增大，低压导向器表面分离泡尺度、附面层的位移厚

度和动量厚度及附面层的粘性损失均减小，但导向器吸力面分离泡被抑制的周期性和寂静区的范围没有变化。随着湍流度的增大，导向器的叶型损失减小，但导向器端区损失增大，平衡两种作用，低压导向器损失在 $Tu=1.5\%$ 时最小， $Tu=2.2\%$ 时的一体化超紧凑过渡段损失最小(如图2所示)。相比雷诺数，来流湍流度对一体化超紧凑过渡段的影响较小。

该研究得到航空动力基金(6141B090309)的支持，已发表SCI论文3篇，申请发明专利5项。

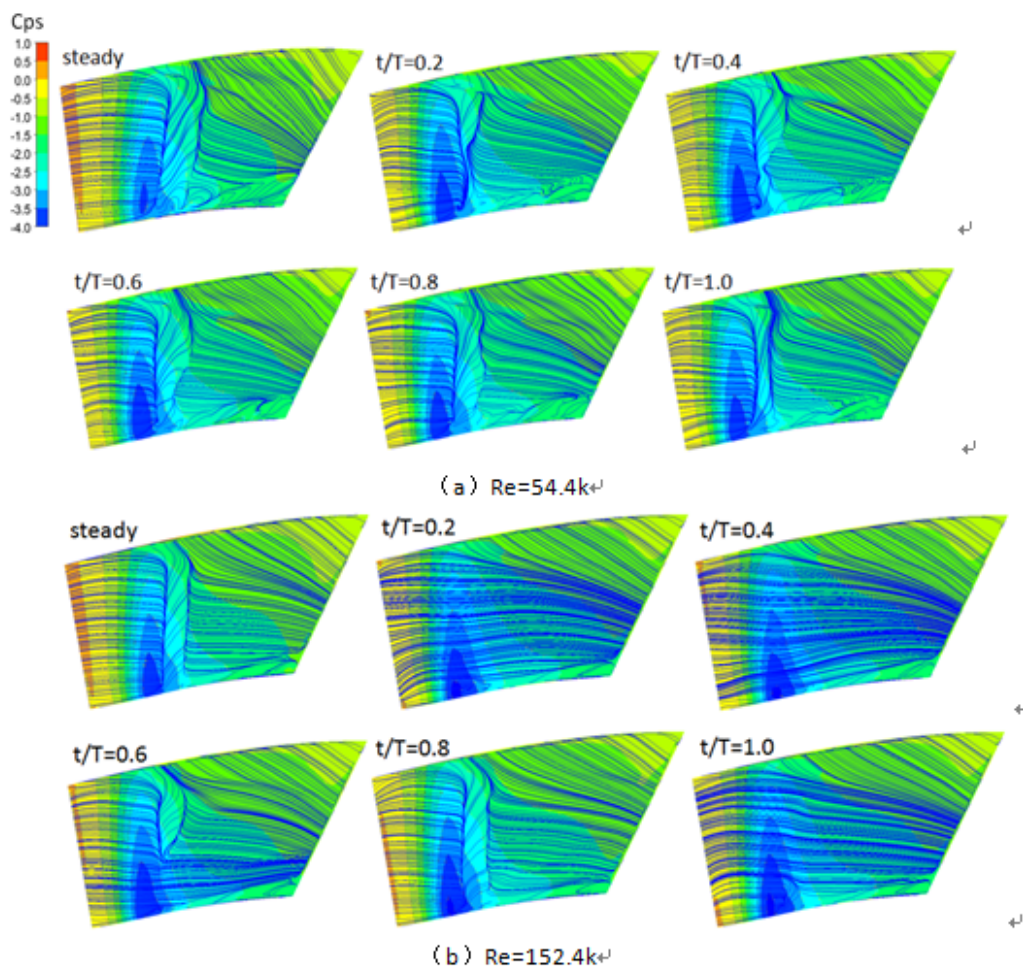
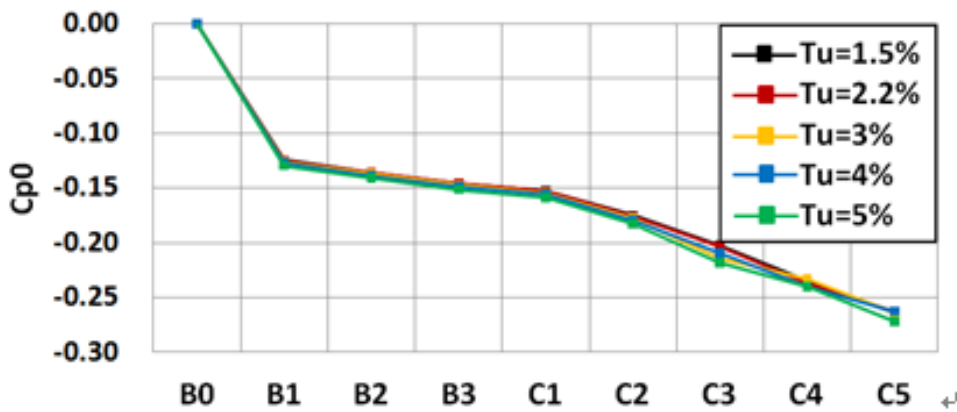
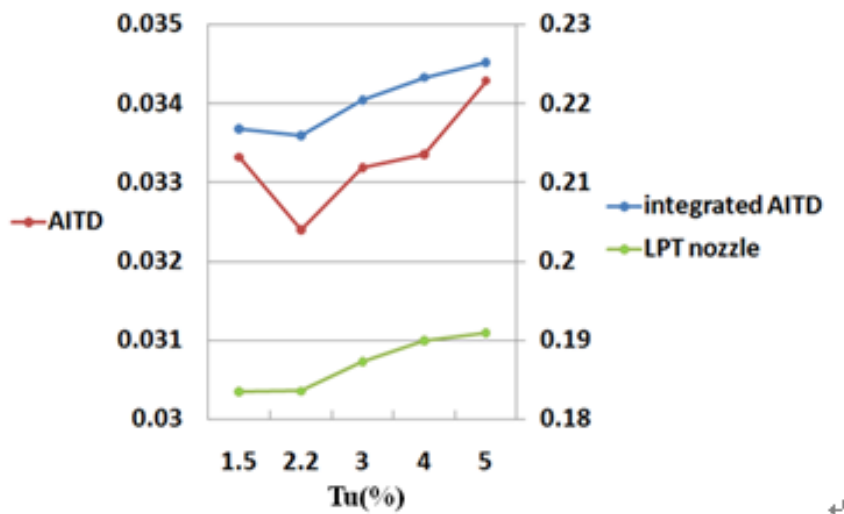


图 1 不同雷诺数下低压导向器吸力面一个周期内的极限流线分布



(a) 总压系数分布



(b) 损失分布

图 2 不同来流湍流度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](http://www.iikx.com)转发