
跨音速压气机旋转不稳定性起始和传播机制研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3106.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！

跨音速压气机旋转不稳定性起始和传播机制研究获进展。旋转不稳定性(RI)不同于旋转失速，是一种在压气机到达失速边界之前就可能发生的气动不稳定现象，与压气机叶片的自激振动和噪声有关。为了进一步阐明端区流动结构与旋转不稳定现象之间的关系，中国科学院工程热物理研究所国家能源风电叶片研发(实验)中心的研究人员采用多通道非定常RANS方程求解方法研究了某跨音速压气机转子在不同转速下旋转不稳定性的起始和传播机制，并研究了周向槽机匣处理的影响。

在近失速工况，存在两种不同的旋转不稳定现象，分别如图1和图2所示。第一种由叶尖泄漏涡的自激振荡导致，其起始机制是泄漏涡导致的低能流体到达相邻叶片压力面并影响其叶尖载荷分布，从而引起相邻叶片通道内的泄漏涡强度发生变化;第二种由叶片吸力面附近的分离涡的发展及周期性脱落导致，其起始机制是分离涡从吸力面脱落后向叶片压力面附近迁移，并影响了相邻叶片前缘附近的攻角，从而激发相邻叶片吸力面产生明显的分离。前者在设计转速下叶尖载荷较高时发生，而后者多发生在部分转速下叶尖前缘攻角较大的情况，两种不稳定现象均随着工况点向小流量移动而增强。

如图3和图4所示，周向槽机匣处理一方面可以减弱泄漏流随时间的波动，从而弱化泄漏涡的振荡;另一方面，也将泄漏流限制在由周向槽宽决定的轴向范围内，压制了泄漏流振荡作用在轴向的传播，增强了叶尖流场的轴对称性。无论是设计转速还是部分转速，周向槽机匣处理都能有效降低叶尖区域流动振荡的强度，同时增强不同叶片通道中流场波动的同步性。

如图5和图6所示，周向槽的这种增稳作用与泄漏涡自激振荡和分离涡的周期性脱落两种非定常现象的抑制有关，尤其是叶片通道内上游段的波动强度明显受到周向槽的抑制。周向槽将叶片通道内的涡结构分割为若干个相对独立的周向涡线，旋转不稳定扰动因此也被限制在各个轴向区间内。这就使得流场的振荡只能沿着接近周向的方向传播，扰动传播过一个通道的时间和通道内流场波动的周期趋向一致，因此各通道流场波动的同步性增强。

周向槽本质上增大了叶尖区域流场振荡的阻尼，尤其限制了扰动在轴向的传播，因而能够在拓宽压气机稳定裕度的同时增强近失速工况下的气动稳定性，显著降低叶尖区域的气动激振力。该研究为可控叶尖激振力压气机设计技术的发展提供了理论指导。相关成果已经发表于国际期刊Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering。

图2 60%转速近失速工况的叶尖瞬态熵分布云图

(a)光壁机匣

(b)周向槽机匣处理

图3 设计转速间隙气流角度的弦向分布随时间的变化

(a)光壁机匣

(b)周向槽机匣处理

图4 60%转速间隙气流角度的弦向分布随时间的变化

(a)光壁机匣 (b)周向槽机匣处理

图5设计转速下有无机匣处理情况的瞬态叶尖马赫数的标准差对比

(a)光壁机匣 (b)周向槽机匣处理

图6 60%转速下有无机匣处理情况的瞬态叶尖马赫数的标准差对比

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