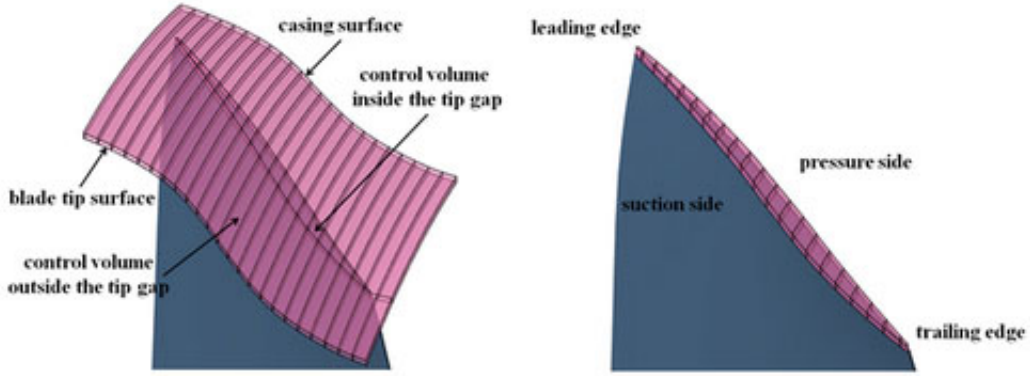
工程热物理所压气机周向槽机匣处理研究取得进展

高负荷压气机叶顶区域强泄漏涡、激波和边界层之间的相互作用对其稳定性具有重要影响，机匣处理是一种能够有效改善压气机叶顶端区流动，提高压气机失速裕度的被动控制方法。在众多的机匣处理结构中，周向槽机匣处理具有结构简单、对压气机效率影响小的优点，获得了国内外学者的广泛关注。周向槽机匣处理的高效设计依赖于对其扩稳机理的深入认识。近年来，科研人员提出采用控制体方法定量地揭示周向槽和叶片通道之间的耦合作用，并在此基础上得出周向槽的最优分布位置。目前，基于控制体方法的压气机周向槽机匣处理研究均针对的是设计转速条件，不同转速下控制体受力变化和周向槽扩稳效果之间的关系，以及控制体受力和叶顶流动之间的内在联系还有待挖掘。

针对上述问题，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)中心研究人员提出将叶顶控制体分为间隙区域和间隙外区域两部分(如图1所示)来分析泄漏流引起的轴向动量输运，并通过分析叶顶区域的轴向动量通量和轴向粘性应力分布来揭示控制体受力与叶顶流动之间的关系。基于上述控制体方法对比分析了100%和60%设计转速下高负荷压气机周向槽机匣处理的扩稳机理。

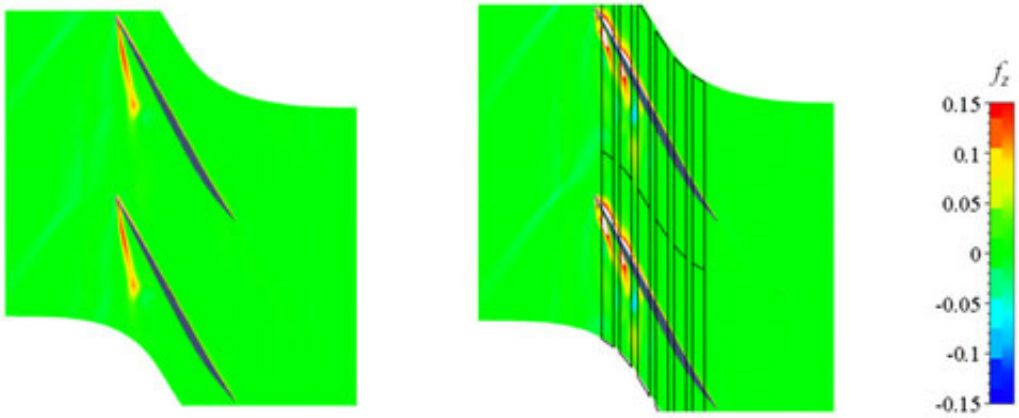
分析结果表明，在设计转速条件下，周向槽机匣处理使压气机的失速裕度提高了5.25%；周向槽对叶顶流体的抽吸和喷射作用引起了较强的轴向动量输运(如图2所示)，使泄漏流引起的轴向动量输运和轴向粘性力降低，从而提高了压气机的失速裕度。在60%设计转速条件下，周向槽机匣处理仅使压气机的失速裕度提高了0.48%；叶顶两侧压差降低使周向槽引起的轴向动量输运减弱，不能有效抑制攻角增加引起的边界层分离(如图3所示)，导致周向槽的扩稳效果较差。此外，针对设计转速条件，根据作用于控制体的轴向力沿轴向的分布，对不同位置周向槽对压气机失速裕度提升所起的作用大小进行了评估，得出位于叶顶前部的周向槽对压气机失速裕度提升起主要作用；并且移除位于叶顶后部的周向槽未改变机匣处理的扩稳效果，验证了分析结果的合理性。

以上研究得到国家自然科学基金项目和国家科技支撑计划的支持，相关研究成果已发表在国际学术期刊Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering。



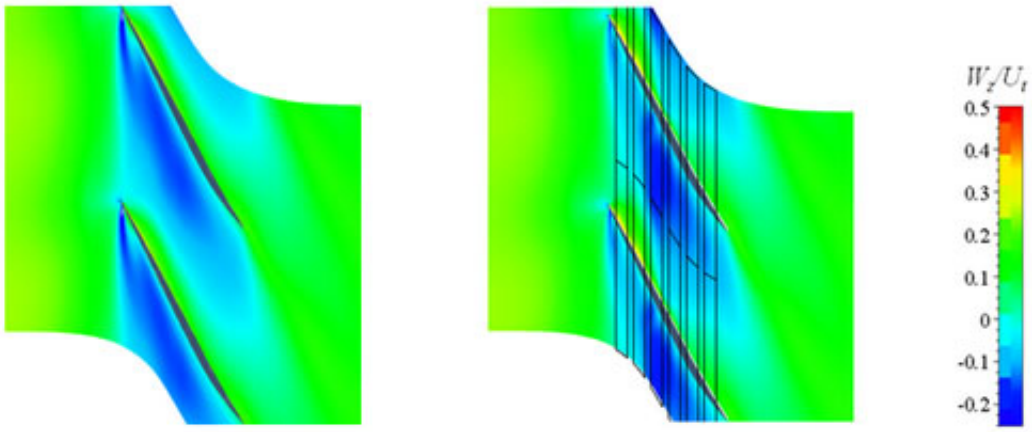
(a) 叶顶控制体　　(b) 间隙区控制体

图1 叶顶区域控制体示意图



(a) 光壁机匣　　(b) 机匣处理

图2 设计转速下叶顶面轴向动量通量分布



(a) 光壁机匣　　(b) 机匣处理

图3 60%设计转速下叶顶中间截面轴向速度分布

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/98546.html