
力学所揭示高超声速钝锥转捩特性和机理

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25389.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！

可压缩湍流边界层在超/高超声速飞行器等航空航天应用中广泛存在。探究可压缩湍流是航空航天飞行器设计的迫切需求。由于多数飞行器具有钝头体特征，因此剖析钝锥外型具有较强的工程价值。近日，中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室研究员李新亮团队使用GPU加速技术，对不同锥头钝度的钝锥体进行了超大规模的直接数值模拟研究。该研究有助于科学家探讨高超声速可压缩边界层自然转捩的过程。相关研究成果发表在《流体物理》（Physics of Fluid）上。

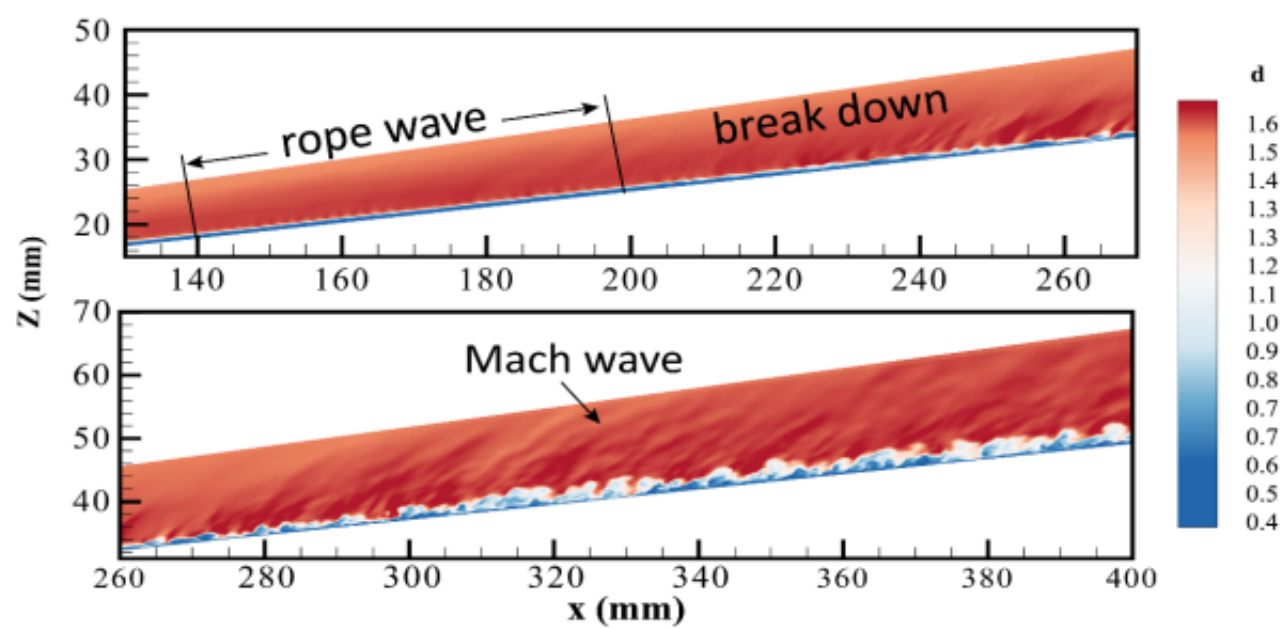
该团队使用自主开发的基于GPU加速的流体力学开源软件OpenCFD-SCU，模拟了6马赫下 0° 攻角 7° 半锥角钝锥的边界层由层流发展为湍流的变化过程。钝锥体的锥头半径分别为1mm、10mm、20mm和40mm。得益于GPU强大的计算能力，目前针对钝锥体的直接数值模拟的网格量达到了313亿规模，得到了高精度高分辨率的精细流场，为进一步理论建模与机理研究提供了可靠数据。

直接数值模拟结果表明，在所选择的锥头半径下，随着锥头半径的增加，转捩位置逐渐向下游移动，未发生“转捩反转”现象。此外，较小的锥头半径会使沿流向的平均速度剖面的变化更加剧烈，且摩阻过冲现象更加明显。这是由于来源于熵层中的扰动波与边界层内的扰动波之间进行相互作用，致使边界层内扰动波的特征频率升高，从而使得沿流向产生更显著的速度梯度。在同一锥头半径下，边界层内扰动波的特征频率沿流向呈下降趋势。这种行为可归因于涡旋结构的空间演化。

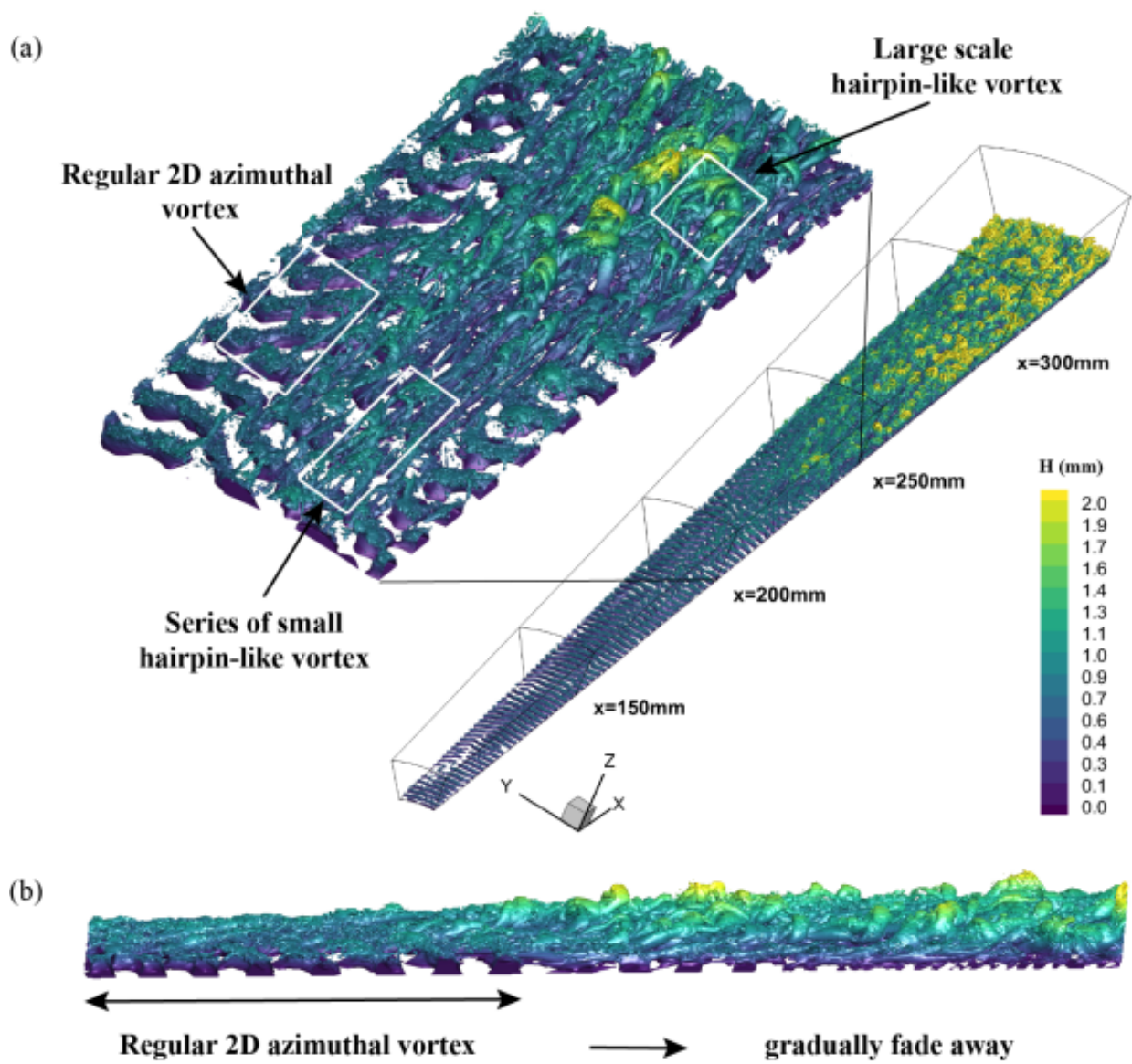
此外，所有工况在边界层内均表现出高频与极低频两组特征频率。由于1mm工况的熵吞现象发生于边界层转捩之前，边界层内的扰动波受到熵层内扰动波的影响，使得1mm工况下边界层内的高频扰动波高于其他工况。同时，这一现象在风洞实验中也被观察到。

研究工作得到国家重点研发计划和国家自然科学基金等的支持。

[论文链接](#)



以来流密度归一化的瞬时密度沿流向的变化



在流动转捩区以Q判据可视化的涡结构沿流向的演化

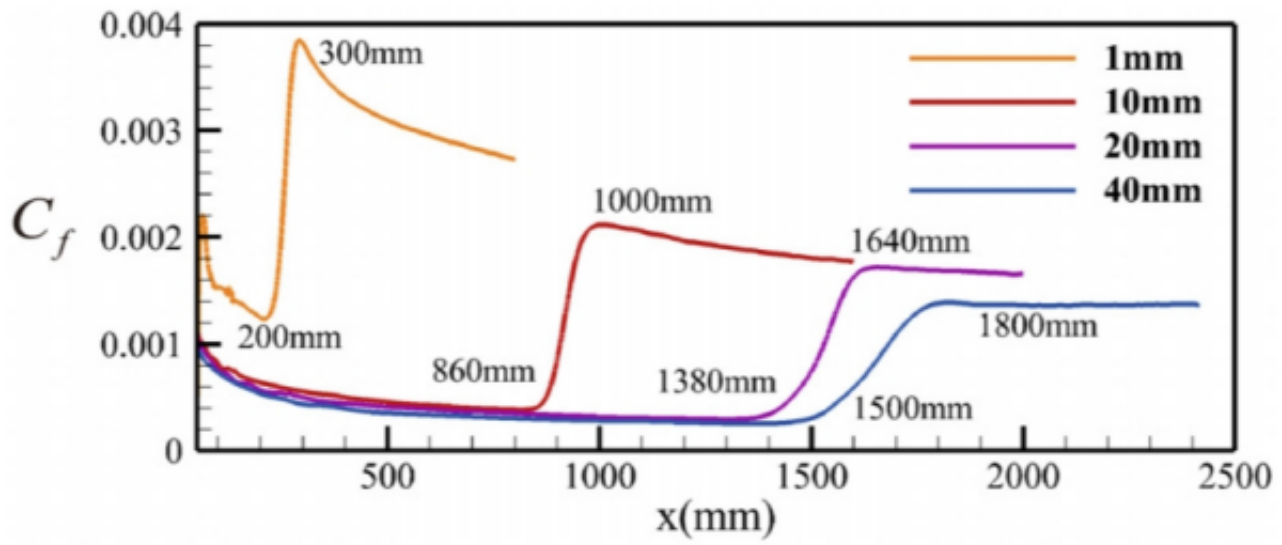


FIG. 20. The evolution of time and azimuthal averaged wall skin friction coefficient.

时间及周向平均壁面摩阻系数分布

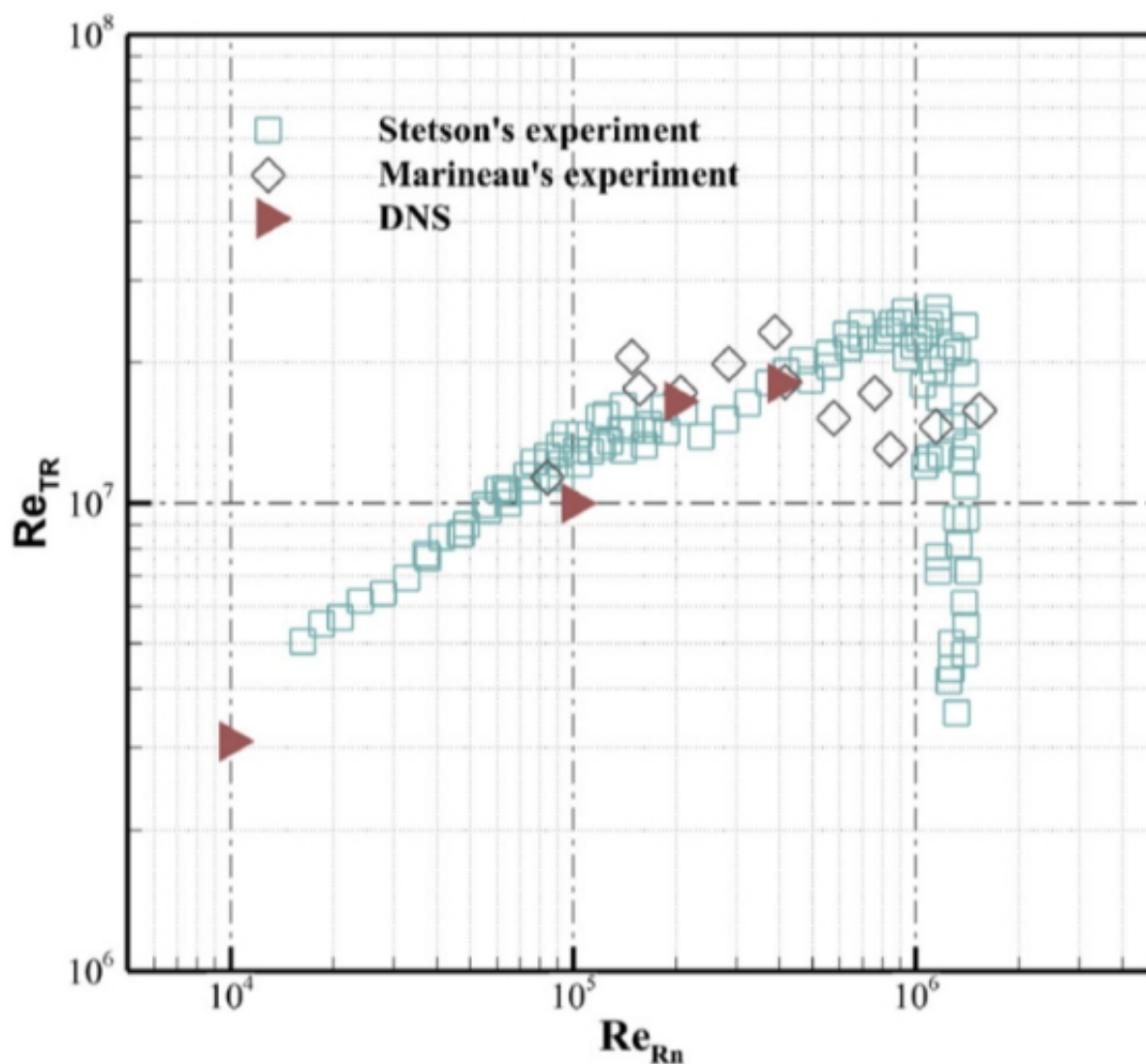


FIG. 21. Transition Reynolds number Re_{TR} based on freestream as a function of the nose Reynolds number Re_{Rn} .

转捩雷诺数随头部钝度雷诺数的变化

研究团队单位：力学研究所

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

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