

力学沙龙

“超声速流动精细实验技术及其应用的研究进展”

报告摘要

(国防科技大学航天与材料工程学院 易仕和 教授)

超声速湍流机理的精细实验研究是一件十分困难的工作。在 2000 年以来，本研究小组在超声速流动精细结构测量技术研究、低噪声超声速混合层风洞研究、以及低噪声超声速风洞研究等方面取得了重要进展，这给超声速混合层湍流精细结构的研究奠定了很好基础。

超声速流动精细结构测量技术的研究进展，主要包括本报告人开发的“基于纳米示踪的平面激光散射流动精细测试技术”（简称 NPLS 技术）和“基于 BOS 的气动光学畸变精细测试技术。这些全新的实验技术与传统的实验方法相比，具有高时间分辨率、高空间分辨率和高灵敏度的特点。

NPLS 技术是一种全新的超声速、高超声速流动精细测量和流动显示技术。这种技术是以纳米示踪技术、脉冲激光技术、高分辨率 CCD 技术、精确同步技术、图像处理技术等的基础上发展起来的。该项技术可以用于超声速、高超声速三维、瞬态流场的涡结构、激波膨胀波结构、密度场结构、速度场结构、边界层结构、尾流结构、气动光学效应 (OPD) 的测量。测量的时间分辨率可达纳秒级，空间分辨率可达微米级。

在研制的低噪声超声速混合层风洞中，主要以 NPLS 等技术为基础，研究了几种对流马赫数的超声速混合层从层流到湍流转捩过程 K-H 不稳定涡的空间结构，以及 K-H 不稳定涡的空间结构随着时间的发展过程。实验结果清晰地反映了湍流混合的不稳定性与转捩的精细结构，以及转捩过程的展向精细结构。

在研制的低噪声超声速风洞中，主要以 NPLS 等技术为基础，研究得到了超声速绕流的激波结构、膨胀波结构、边界层结构、尾流结构、激波边界层干扰等精细结构。

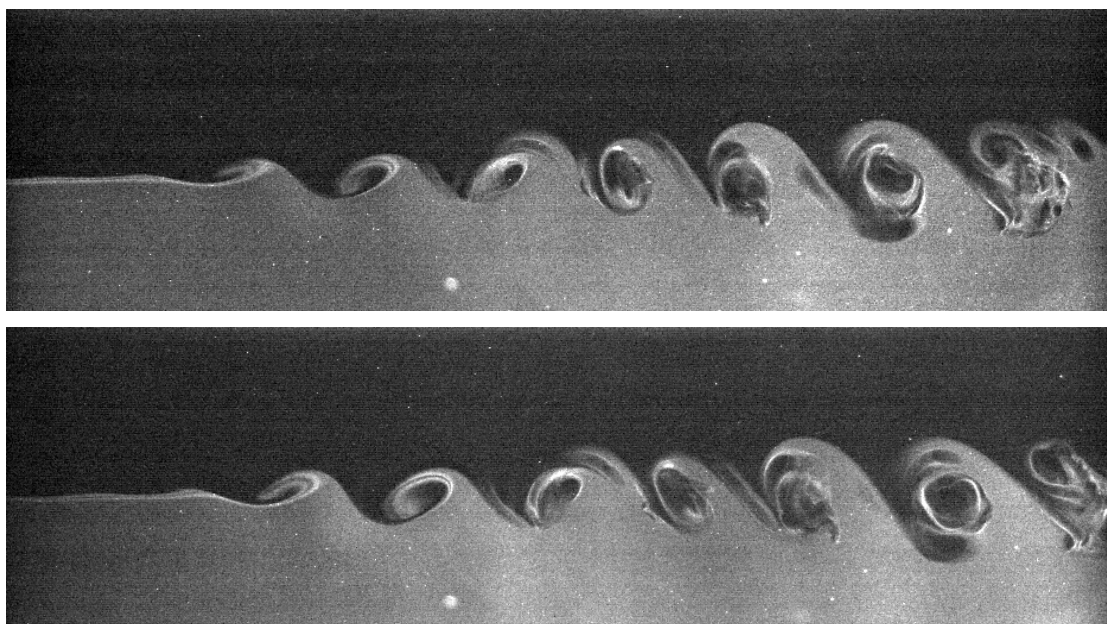


图1 超声速混合层结构的 NPLS 图像 ($Mc=0.24$, 上下两图像的时间差为 10 微秒)

在研制的低噪声超声速风洞中,对超声速绕流、边界层流场结构进行了精细实验研究,获得了许多重要的实验结果。

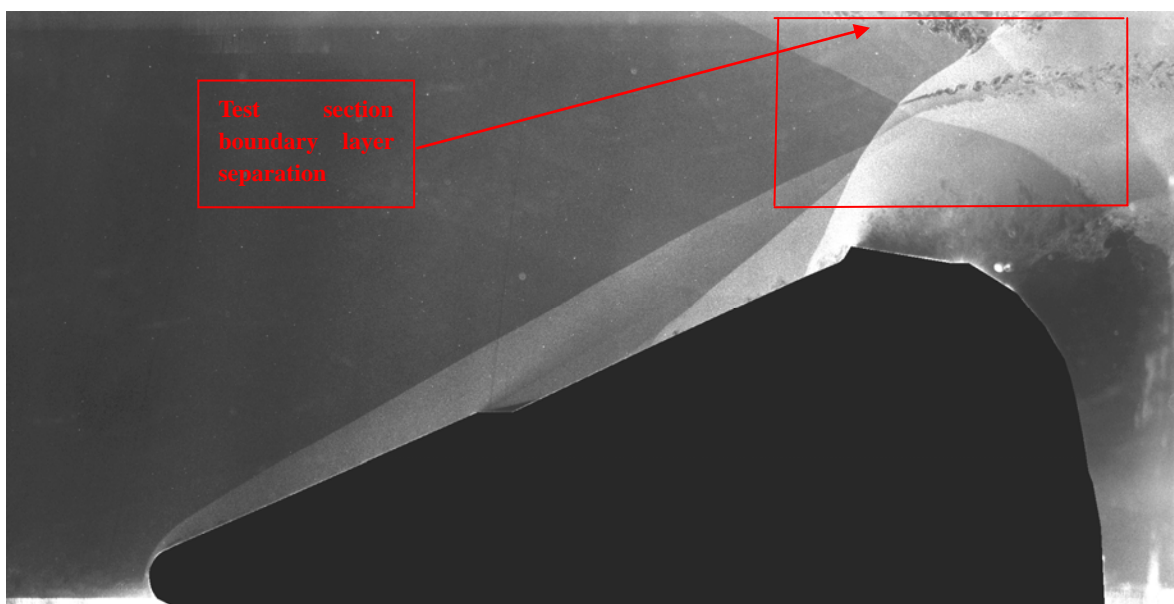


图2 超声速弹头绕流瞬态结构的 NPLS 图像

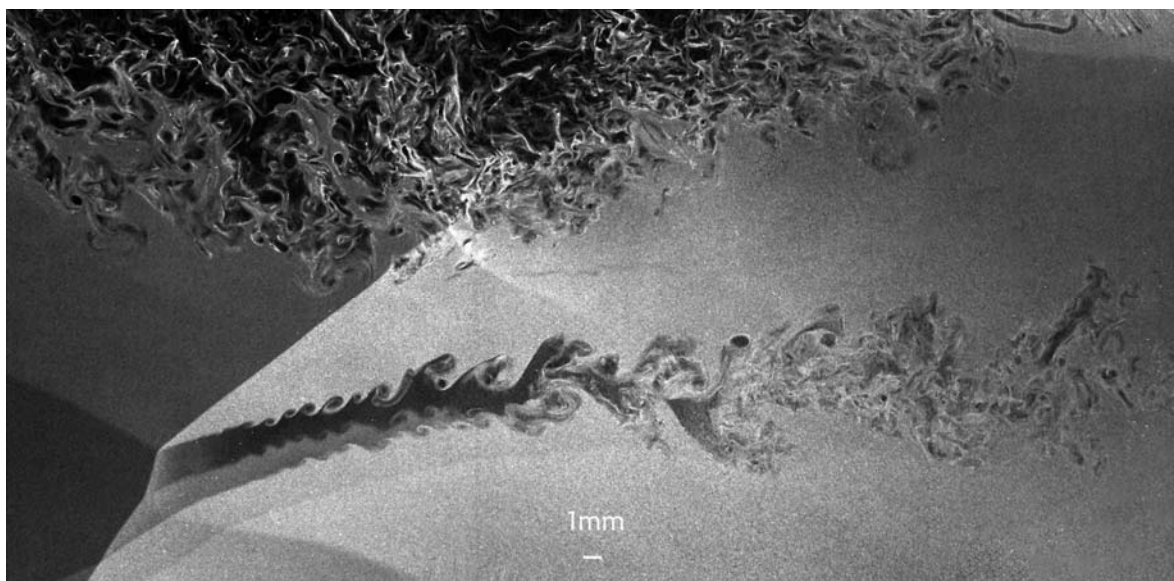


图3 超声速弹头绕流的局部瞬态复杂结构的NPLS图像
(即图2中红框部分的放大)

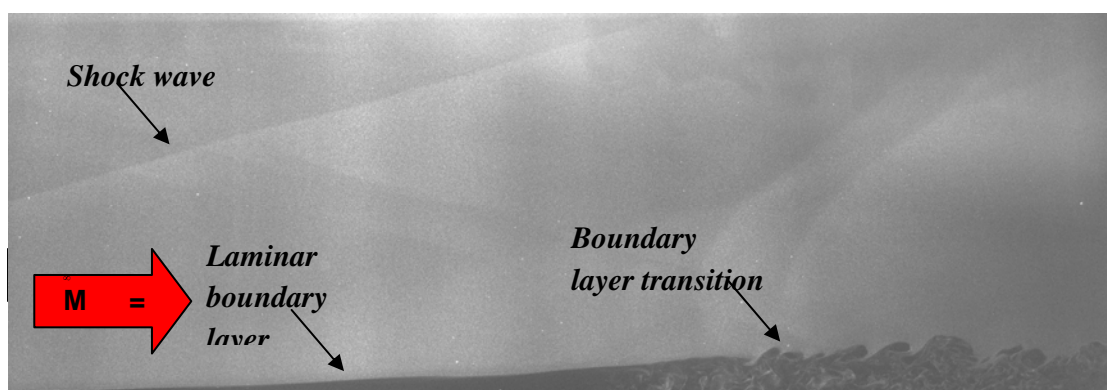


图4 超声速边界层瞬态复杂结构的NPLS图像