

CSTAM2012-B03-0009

用局部平均速度结构函数检测壁湍流相干结构的形态¹⁾姜楠^{*,†,**,2)}, 管新蕾^{*}, 杨绍琼^{*}, 姚世勇^{*}^{*}(天津大学机械工程学院力学系, 天津 300072)[†](中国科学院力学研究所非线性国家重点实验室, 北京 100190)^{**}(天津市现代工程力学重点实验室, 天津 300072)

摘要: 相干结构是剪切湍流中的大尺度拟序脉动结构, 在时间和空间上具有自组织特性和拟序特性。现在已经公认, 相干结构是湍流中的重要结构。开展相干结构研究的目的在于通过研究相干结构的动力学行为和规律, 建立符合相干结构机理的数学模型和湍流模式, 在工程中更加准确的预报湍流, 探索通过控制相干结构控制湍流的有效途径。

早期的相干结构辨识方法普遍采用条件采样技术, 其共同的局限性是主观臆断性和尺度单一性。此外受单点测量的限制, 不能得到脉动速度, 涡量, 速度变形率, 雷诺应力等空间梯度特征, 也不能得到相干结构的上述物理量空间分布特征。

本文利用层析 TR-PIV 技术测量水洞中平板湍流边界层三分量速度的高分辨率时间序列数据库。提出了空间局部平均多尺度速度结构函数的新概念描述湍流多尺度涡结构的拉伸, 压缩, 剪切变形和旋转。用空间局部平均多尺度速度结构函数对湍流脉动速度进行了空间多尺度分解。运用基于局部速度结构函数的 VITA 法, 检测并提取了层析 TR-PIV 数据中相干结构的“喷射”和“扫掠”事件中的脉动速度, 涡量等物理量的空间拓扑形态, 避免了小尺度脉动对大尺度相干结构检测结果的干扰。

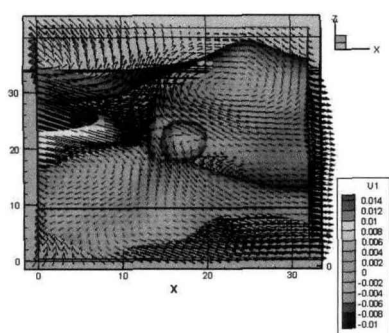


图 1 喷射时流向脉动速度矢量的等值面图

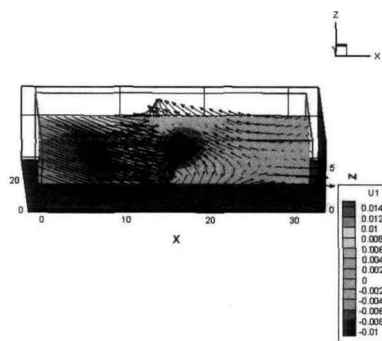


图 2 喷射时脉动速度 X-Z 平面分布图

¹⁾ 国家自然科学基金重点资助项目 (10832001), 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 资助项目 (2012CB720101) 和中国科学院力学研究所非线性国家重点实验室 (LNM)2011 对外开放课题资助

²⁾ Email: nanj@tju.edu.cn