

湍流边界层相干结构空间反对称形态⁷

姜楠^{1,2,3,8} 杨绍琼² 唐湛棋² 管新蕾²

(1.中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190; 2.天津大学机械工程学院力学系, 天津 300072; 3.天津市现代工程力学重点实验室, 天津 300072)

摘要: 相干结构是湍流边界层中的重要结构, 对于壁湍流的产生、维持和发展具有重要作用, 同时控制相干结构也是控制湍流和减阻的主要途径。用高时间分辨率层析粒子图像测速技术(Tomo-TRPIV)精细测量了水洞中平板湍流边界层三维-三分量(3D-3C)瞬时速度空间分布的时间序列, 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结构的空问拉伸、压缩、剪切变形和旋转。用流向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。根据湍流多尺度涡结构在流向的拉伸和压缩特征, 提出了新的湍流相干结构空间特征形态检测方法, 提取了层析 TRPIV 数据库中相干结构的“喷射”和“扫掠”事件中的平均速度梯度、平均速度变形率、平均涡量等物理量的空间拓扑形态。分析了平均速度梯度各分量对平均速度变形率、平均涡量的贡献, 发现在喷射和扫掠事件中流向涡量在法向存在多对交替分布的反向旋转的涡对结构, 法向涡量在流向空间存在多对交替分布的反向旋转的涡对结构。

关键词: Tomo-TRPIV; 湍流边界层; 相干结构; 喷射; 扫掠

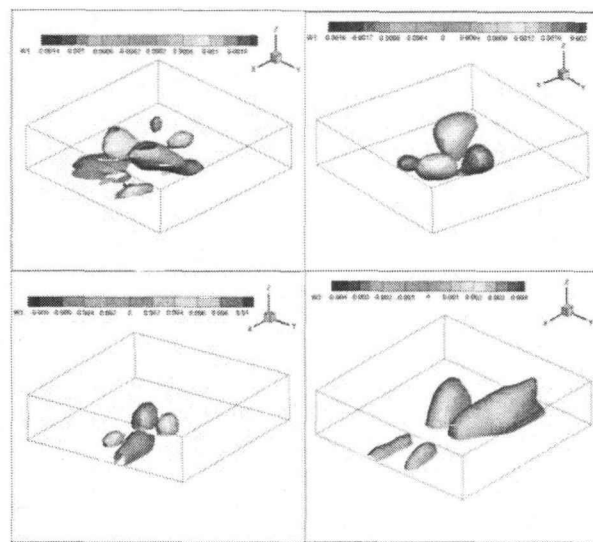


图 1. 以湍流猝发事件(左: Q2; 右: Q4)为检测中心提取得到的湍流边界层相干结构涡量(上: 流向; 下: 法向)等值面云图

⁷ 国家自然科学基金重点资助项目(10832001)和国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目(NO.2012CB720101), 中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室(2011)对外开放课题联合资助.

⁸ E-mail: nanj@tju.edu.cn