

基于猝发事件的湍流边界层相干结构检测⁴

杨绍琼^{1 5} 田海平¹ 李一凡¹ 姜楠^{1,2,3}

(1.天津大学机械工程学院力学系,天津 300072; 2.天津市现代工程力学重点实验室,天津 300072; 3.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;)

摘要: 近年来, 三维 PIV 技术发展迅速, 利用相关实验技术测量得到湍流边界层三维相干结构, 分析其拓扑形态及特征成为了研究热点。本文使用层析 TR-PIV 测量得到的平板湍流边界层三维三分量时间序列速度矢量场数据库, 基于湍流象限猝发事件采用新象限分裂法检测, 利用新条件相位平均技术提取得到了湍流边界层相干结构的拓扑形态。发现以喷射事件为检测中心时, Q2 和 Q1 共同作用使得壁面低速流体喷向外区; 以扫略事件为中心检测发现 Q3、Q4 事件使得外区高速流体扫向壁面, 即湍流猝发事件是湍流动能产生和耗散的媒介。沿着流向自上游向下游, 湍流象限猝发事件存在着一个 Q4-S-Q2-Q3-Q2-Q1-Q4-S-Q2-Q3-Q2-Q1 的准周期。发卡涡涡头下部靠近上游的位置存在滞止点, 它是湍流形成和发展的重要原因。

关键词: 湍流边界层; 相干结构; 层析 TR-PIV; 局部平均速度结构函数; 新象限分裂法; 猝发事件

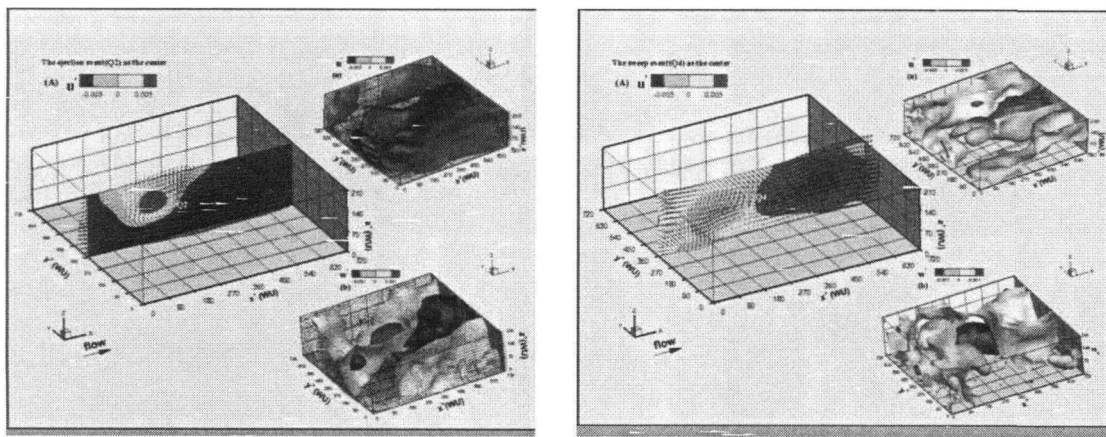


图 1. 以湍流猝发事件(左: Q2; 右: Q4)为检测中心提取得到的湍流边界层相干结构

⁴ 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。

⁵ E-mail: shaoqiongy@tju.edu.cn