



首页 / 教学科研

工学院杨越课题组揭示湍流中的纠缠涡管结构

最新

2019/07/31 信息来源：工学院
编辑：知远 |

近日，北京大学工学院杨越课题组提出了通用的涡面场构造算法，并用于识别湍流中的纠缠涡管结构及解释能量级串机理。相关成果发表于流体力学顶级期刊Journal of Fluid Mechanics (S. Xiong and Y. Yang*, Identifying the tangle of vortex tubes in homogeneous isotropic turbulence, J. Fluid Mech., 874, 952-978, 2019) ，且纠缠涡管的可视化获选期刊封面图片。

以往研究大多认为湍流中旋涡间的相互作用主导了不同尺度间的能量传递过程（这里的旋涡通常指一族高强度涡线组成管状结构）。然而由于缺少有效方法准确识别完整的涡管结构，导致湍流能量级串机理研究缺乏直观的物理图像。

杨越课题组提出了通用算法可在任意流场中构造涡面场数值解。该涡面场等值面为具有明确数学定义的涡面，可呈现为管状或层状等几何特征。这一构造算法包含求解沿涡量运输的标量伪时间演化方程与含混合约束的泛函极值问题，并使得涡面场可作为普适的流动结构识别方法用于各类复杂流动中的涡动力学分析。如在均匀各向同性湍流中，涡面场数值解的零等值面揭示了交织为复杂网络的纠缠涡管结构（见图1）。

- 05 2020.01 【视频】诺如病毒
- 05 2020.01 【主题教育】北京调研学习
- 04 2020.01 北京大学召开2019年工作会议
- 03 2020.01 多模态跨尺度生物设施项目初步设计
- 03 2020.01 北京大学召开2019年全管理业务工作会议

专题





Journal of Fluid Mechanics

VOLUME 874

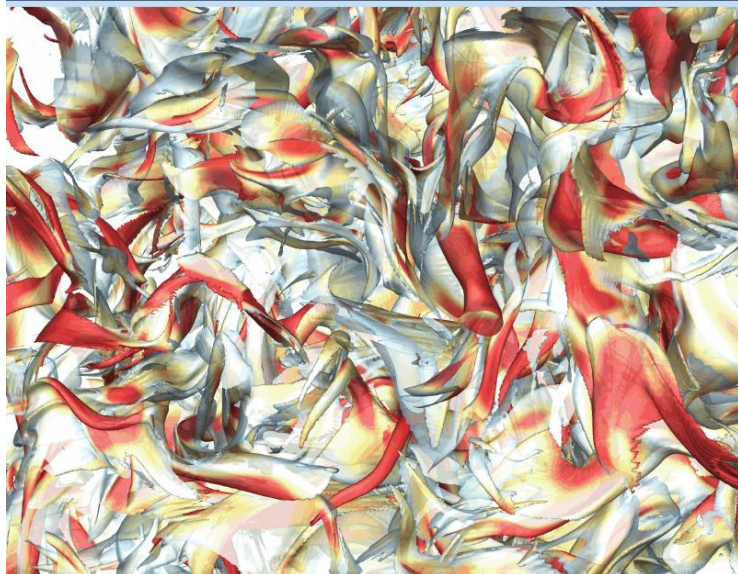


图1: 涡面场等值面揭示各向同性湍流中的纠缠涡管结构

在Richardson与Kolmogorov等学者提出的唯象模型基础上,人们往往猜测湍流中能量由大尺度向小尺度的传递过程是通过类似于细胞分裂式的“涡破碎”产生。然而,涡面场可视化揭示了涡管拉伸扭曲等更符合涡量演化方程的物理过程(示意图见图2),并阐明基于局部速度的传统涡识别方法因无法展示完整涡管,故呈现出视觉上的“破碎”结构。涡面场表征的涡管复杂几何特性可由Lundgren拉伸螺旋涡管模型与Kolmogorov湍流能谱标度率建立统计上的联系,从而有望融合湍流结构与统计两类学派理论观点。

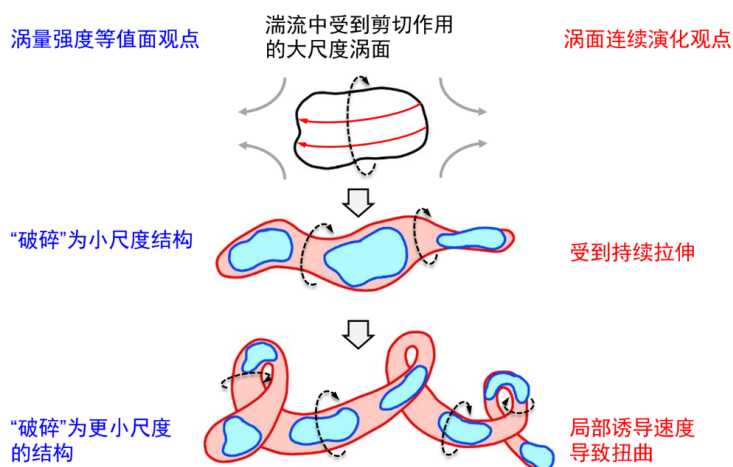


图2: 湍流中由不同涡识别方法得出的不同能量级串物理图像: 左侧蓝色文字与结构展示欧拉观点下的结构“破碎”过程; 右侧红色文字与结构展示拉格朗日观点下的涡面连续变形过程。红色实线箭头代表附着于涡面的涡线, 虚线箭头代表涡线的局部诱导速度。

该研究相关论文第一作者为北京大学工学院博士生熊诗颖，通讯作者为杨越研究员。该研究得到国家自然科学基金



北京大学 新闻网
PEKING UNIVERSITY

转载本网文章请注明出处

学部 | 深研院 | 招生网

校报

电视台

广播台

官方微信

官方微博

版权所有 ©北京大学党委宣传部 | 地址: 北京市海淀区颐和园路5号 | 邮编: 100871

投稿须知 | 新闻热线: 010-62756381 |