

均匀各向同性湍流拉格朗日统计量的大涡模拟¹⁾

周志登*, 晋国栋*,²⁾, 何国威*

* (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 湍流的相对扩散通常采用拉格朗日方法描述, 且受小尺度湍流运动影响很大。这一特性为大涡模拟方法预测湍流相对扩散提出了挑战。我们采用直接数值模拟、滤波的直接数值模拟以及采用谱涡粘模型的大涡模拟方法, 主要研究了滤波和亚格子尺度模型对流场的拉格朗日统计量的影响及其雷诺数效应。研究的拉格朗日统计量包括单颗粒扩散、颗粒对相对扩散和多颗粒相对扩散。研究结果表明, 对于长时间的单颗粒扩散, 大涡模拟高估了拉格朗日速度关联的时间尺度而低估了拉格朗日速度脉动。这两种效应相互抵消, 使得大涡模拟可精确预测长时间湍流扩散系数。不同于单颗粒扩散情况, 当初始分离距离小于最小解析尺度时, 由于缺乏亚格子尺度的速度脉动, 滤波的直接数值模拟与大涡模拟都明显低估了颗粒对与多颗粒的相对扩散率, 高估了颗粒对的拉格朗日速度关联的时间尺度。另外, 我们计算了不同泰勒雷诺数下流场的拉格朗日统计量的大涡模拟, 分析雷诺数对亚格子尺度模型的影响。

关键词 湍流扩散; 大涡模拟; 拉格朗日统计量; 亚格子模型

1) 资金资助项目 (国家自然科学基金(批准号: 11472277))

2) 联系作者 E-mail:gdjin@lun.imech.ac.cn

CSTAM2016-A56-B0173

不同形状粗糙元诱导超声速边界层转捩研究¹⁾

周云龙²⁾, 赵云飞, 刘伟, 杨小亮

* (国防科学技术大学航天科学与工程学院宇航科学与工程系, 长沙 410073)

摘要 采用五阶精度加权紧致非线性格式 WCNS 数值模拟了 $Ma = 4.20$ 条件下方柱形、圆柱形、钻石形和半球形粗糙元引起的超声速平板边界层转捩问题, 通过对比流场涡结构、平均流动特征和分离区流动特征等结果, 分析了不同形状粗糙元诱导边界层转捩机理的差异。结果表明: 方柱形粗糙元产生的分离区长度较大, 分离区中存在较强的非定常扰动并产生绝对不稳定机制使边界层很早就发生转捩; 钻石形粗糙元分离区的展向宽度较宽, 导致分离区中的涡结构向下游发展时形成的湍流尾迹区较宽; 而圆柱形和半球形粗糙元诱导边界层转捩的能力相对较弱。

关键词 超声速; 边界层转捩; 粗糙元形状; 数值模拟

1) 资金资助项目 (国家自然科学基金 11172325、11502292; 校重大应用基础研究项目 ZDYYJCYJ20140101)

2) 联系作者 Email: zhouyunlong08@sina.com