

解出。由于基本方程中考虑了特征函数和基本流的非平行因素,因而能得到相对比较真实的入口处的特征函数。数值实验表明,该方法能有效改善入口处的瞬时增长过程,同时并且具有较好的鲁棒性。

shookware@mail.tsinghua.edu.cn

MS1920

CSTAM2013-A31-0862

壁湍流的普适对称性

陈曦¹, Fazle Hussain², 余振苏¹

¹ 北京大学工学院湍流与复杂系统国家重点实验室, 北京 100871

² Department of Mechanical Engineering, Texas Tech University, Texas, 79409-1021, USA

探索壁湍流的普适对称性, 基于的是描写流体微元守恒律的 Navier-Stokes 方程, 和描写宏观系统整体有序性的 Landau 平均场方程。前者提供李群对称性分析的基础, 推演出混合长函数所存在的多层结构拉伸不变解(备选)。后者提供了湍流哈密顿量的一个表达, 基于变分原理给出了序函数——混合长函数的分析解, 并且展示出流场的分层对称破缺, 刻画了湍流中心各向同性态向壁面剪切态的转变。由此定义修正的对数律, 并发现了普适卡门常数 0.45, 给出宽雷诺数范围内高精度的平均速度剖面(槽道, 圆管, 边界层)预测。这个方法创新了普朗特边界层理论, 可用来探索更多的复杂流动(如热对流), 并为发展新型工程模型带来促进。

pkuchenxi@pku.edu.cn

MS1921

CSTAM2013-A31-0863

可压缩壁湍流的广义雷诺比拟

张又升¹, 毕卫涛¹, F. Hussain², 余振苏¹

¹ 北京大学工学院湍流与复杂系统国家重点实验室, 北京 100871

² Department of Mechanical Engineering, Texas Tech University, Lubbock, Texas 79409-1021, USA

基于结构系综动力学系统相似性的思想提出了称为广义雷诺比拟 (GRA) 的理论, 广泛适用于各种流动类型(圆管, 槽道和边界层), 普朗特数, 壁面温度及压力梯度(对于边界层, 要求满足准一维流动近似)。GRA 用“广义总焓”来表达可压缩壁湍流雷诺平均的能量方程, 与雷诺平均的动量方程相似, 由此建立了温度和速度平均场的新的定量关系。GRA 关于平均温度和平均速度的关系将 Walz 方程推广到非绝热壁和有压力梯度的情形。对于脉动场, GRA 改进了 Huang 等基于唯像模型提出的修正的强雷诺比拟。GRA 还提出了广义恢复因子, 有效湍流普朗特数等关键概念。应用 DNS 对 GRA 进行了验证, 同时基于 GRA 分析了以往的雷诺比拟理论。

weitaobi@pku.edu.cn

MS1923

CSTAM2013-A31-0864

超音速压缩拐角平均速度剖面的定量理论

吴斌¹, 邹鸿岳¹, 胡延超¹, 陈曦¹, 毕卫涛¹, 李新亮², 余振苏¹

¹ 北京大学工学院湍流与复杂系统国家重点实验室, 北京 100871

² 中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室, 北京 100190

依据多个工况(来流马赫数和折角)的压缩拐角的直接数值模拟, 在结构系综动力学思想的指导下开展了速度平均场定量理论的建构。为定量研究压缩拐角流动中的统计平均量和构建复杂流动的工程 RANS 模型奠定了基础。

binw@pku.edu.cn

MS1925

CSTAM2013-A31-0865

高精度 WCNS 格式在湍流模型和转捩模型研究中的初步应用

涂国华^{1,2}, 李松¹, 邓小刚³, 毛枚良^{1,4}, 刘化勇^{1,2}

¹ 中国空气动力研究与发展中心, 空气动力学国家重点实验室, 四川绵阳 621000

² 中国空气动力研究与发展中心, 超高速空气动力研究所超超声速冲压发动机技术重点实验室, 四川绵阳 621000

³ 国防科学技术大学, 长沙 410073

⁴ 中国空气动力研究与发展中心, 计算空气动力研究所, 四川绵阳 621000

在湍流模型研究方面, 根据 Roy 和 Celic 等的研究成果, 采用 WCNS-E-5 格式对综合性能表现较优的 SA 一方程模型和 SST 两方程模型进行了评估。还利用 WCNS-E-5 格式对文献中常见的可压缩修正方案进行了评估, 考虑了密度梯度修正, 压力膨胀修正和湍流马赫数修正等方法, 初步了解这些可压缩性修正的影响特性。评估结果表明, 对于激波/边界层干扰流动, 密度梯度修正效果最好, 而压力膨胀修正并不适合。在转捩模型研究方面, 基于符松等的转捩模型, 用剪切应力代替的原始模型中的能量梯度, 从而减小了计算花费。然后通过一系列低速至高速的算例, 采用 WCNS-E-5 格式对转捩模型进行了检验。由于转捩模型中的转捩位置对流场的梯度量非常敏感, 讨论了高格式与 2 阶格式在模拟流场梯度量方面的异同及其对转捩计算的影响。

too.too@tom.com

MS1926

CSTAM2013-A31-0866

壁面法向旋转对黏弹性流体槽道湍流特性影响研究

李雨润, 王悦, 王璐, 蔡伟华, 李凤臣

哈尔滨工业大学能源科学与工程学院, 哈尔滨 150001

采用直接数值模拟方法对壁面法向旋转槽道内黏弹性流体湍流特性进行研究。根据数值模拟结果, 分析流动摩擦阻力系数相关项及雷诺应力输运方程, 讨论旋转对黏弹性流体槽道湍流减阻效果及流体流动状态的影响。结果表明: 在保持压力梯度恒定时, 随着旋转作用的增强(即旋转数增加), 槽道中流体流向所受阻力增大, 旋转科里奥利力对流动的阻碍作用增强。此外, 还发现流体黏弹性的存在加剧了旋转科里奥利力对流动的阻碍作用, 使得当旋转数超过一个临界旋转数时, 减阻效果失效。旋转对湍流流动的影响主要是由其造成的速度, 流动阻力等参数的分布变化造成的, 而科里奥利力对雷诺应力输运的影响较小, 而流体黏弹性作用项在雷诺应力输运中仍起重要作用。

caiwh@hit.edu.cn