

计算流体力学高精度数值方法及其应用

MS3455 CSTAM2015-A21-E1557

基于非结构高精度 WENO 有限体积方法的化学反应数值模拟

赵文赓, 郑洪伟

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

采用基于非结构网格的高精度 WENO 有限体积法求解化学反应流动。化学反应模型采用了常见的单步反应和基元反应。此处, 分别采用分裂格式和点隐格式两种方法处理源项引入的刚性。对于方程中的对流项, 采用三阶 WENO 格式进行离散, 该方法能够无振荡捕捉流场中的间断, 并且在光滑区实现高阶精度。

zhaowengeng@imech.ac.cn

MS4001 CSTAM2015-A21-E1558

高效并行直接求解三维湍流 Rayleigh-Bénard 热对流包芸, 张义招

中山大学力学系, 广州 510275

采用 FFT 变换解耦压力泊松方程, 将其转换成沿 z 方向上的块三对角方程组, 并利用块三对角方程的 MPI 与 OpenMP 联立的大规模高效并行近似求解, 创建了可以高效并行计算的热对流直接求解方法。通过对该方法并行效率的验证计算, 证明新的直接求解并行计算方法具有很好的并行效率和计算时效。

stsby@mail.sysu.edu.cn

MS4002 CSTAM2015-A21-E1559

“天河二”上大规模异构并行 CFD 计算

车永刚¹, 徐传福², 王勇献¹, 程兴华²¹ 国防科技大学并行与分布处理重点实验室, 长沙 410073² 国防科技大学计算机学院, 长沙 410073

介绍国防科大计算机学院 CFD 应用团队面向“天河二”高效能并行计算机系统, 开展 CFD 大规模异构并行数值模拟的工作, 主要内容: (1) CFD 应用在异构并行平台上的性能测试与分析; (2) 高阶精度结构网格空气动力学数值模拟软件的性能优化及其 CPU+MIC 异构并行计算; (3) 超燃冲压发动机燃烧数值模拟软件的性能优化及其 CPU+MIC 异构并行计算。最后, 对 CFD 并行计算应用开发模式及多学科合作、CFD 应用软件与高性能计算硬件的协同设计进行了一些探讨。

ygche@nudt.edu.cn

MS4003 CSTAM2015-A21-E1560

高速列车在高架桥上运行时的气动性能研究

高苏娅, 吴颂平

北京航空航天大学计算流体力学国家重点实验室, 北京 100191

分析了压力波强度与列车速度的关系, 以及交会压力波同两车速度的关系。

15932278737@163.com

MS4004 CSTAM2015-A21-E1561

CFD 高性能并行计算平台 HyperFLOW 设计与实现

赫新, 何先耀, 赵钟, 徐庆新, 马戎

中国空气动力研究与发展中心计算空气动力学研究所, 绵阳 621000

介绍了 HyperFLOW 软件并行体系结构和数据结构, 介绍了所采用的并行策略、网格分区处理与负载均衡、边界条件处理与数据交换等, 对典型算例进行并行计算应用与分析。

fantasy_2003_@hotmail.com

MS4005 CSTAM2015-A21-E1562

基于非结构混合网格的飞行器气动特性模拟软件 MFlow 的并行技术

李彬, 唐静, 张健, 周乃春

中国空气动力研究与发展中心计算空气动力学研究所, 绵阳 621000

介绍基于非结构混合网格, 运用雷诺平均 Navier-Stokes 方程, 建立的飞行器气动特性数值模拟软件 MFlow。在 MFlow 软件基础上, 对比了不同的消息传递模式对并行效率的影响, 指出了打包发送等措施可以明显的缩短通讯时间占比。运用 DLR-F6 外形生成的 1 亿规模的非结构混合网格, 分别在天河 II 号、银河高性能计算机系统上, 研究了 MFlow 软件在十万核量级、万核量级的并行适应性, 测试了并行效率。在银河高性能计算机系统上, 当测试规模达到 18 816 个核时, 并行效率仍达到 70%。

leebin2008@me.com

MS4006 CSTAM2015-A21-E1563

基于分级区域分解法的大规模计算流体求解器开发

姚清河

中山大学工学院力学系, 广州 510000

采用域条件迭代技术求解表面自由度问题, 使用特征曲线法对流体粒子的运动路径作逼近, 局部刚度矩阵对称并可以使用基于区域分解系统的预条件技术来加速迭代算法, 求解速度更高、内存消耗量更低。

yaoqhe@mail.sysu.edu.cn

MS4007 CSTAM2015-A21-E1564

粒子仿真模拟的并行策略研究

黄飞

中国航空气动力技术研究院, 北京 100074

提出了一种非结构网格下动态负载平衡直接模拟蒙特卡罗 (DSMC) 方法的并行策略。对比分析了主从模式及对等模式两种程序设计模式下的并行效率, 探讨了对等模式下非结构网格 DSMC 并行程序实现的关键技术及实施途径, 设计了基于对等模式动态负载平衡的 DSMC 并行算法。最后以钝锥外形的高超声速绕流问题进行仿真模拟, 验证本文并行算法的有效性。

huang05013@163.com

MS4008 CSTAM2015-A21-E1565

液滴热毛细迁移的并行计算

尹兆华

中国科学院力学研究所, 北京 100190

引入相场 (phase field) 模型全场统一求解同一套方程组, 不必单独处理两相界面。选用谱方法来离散求解整套方程组。运用谱方法在 Gauss-Lobatto 点上离散整个方程后, 所有的方程可以归结为不可分离的椭圆型方程。采用预善的共轭梯度法迭代求解不可分离的椭圆型方程, 每次迭代求解一个 Helmholtz 方程。对于 Helmholtz 方程选用高效的 Chebyshev-Galerkin 方法并行求解。得到了可模拟多个液滴热毛细迁移的并行程序。

zhaohua.yin@imech.ac.cn

MS4009

CSTAM2015-A21-E1566

应用非交错 NOC 格式求解两相浅水流方程的多 GPU 计算

翟健, 袁礼, 刘伟

中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190
给出了求解两相浅水流方程的非时空交错无震荡差分 (NOC) 格式的应用, 并利用多 GPU 对计算进行加速。NOC 格式无需求解近似 Riemann 问题。基于这一优势, 应用一个 NOC 的简单变化形式, 来求解流动模型的数值解。计算中发现应用该 NOC 格式于两相流动模型可以解决在某些特殊情形下出现的复特征值问题, 并且能够简化非守恒项的离散, 得到的结果对干湿边界及真空的出现比较鲁棒。为了提高计算效率, 利用基于 CUDA 并行的多 GPU 进行计算。利用 OpenMP+CUDA 和流处理的方式说明该算法的计算效率并比较两种多 GPU 方式的效率。

lyuan@lsec.cc.ac.cn

MS4101

CSTAM2015-A21-E1567

非结构无波动间断谱元法在可压缩流动中的应用

李万爱¹, 任玉新²

¹ 中山大学中法核工程学院, 广州 510275

² 北京清华大学航院流体所, 北京 100084

利用具有更高积分精度的、基于球封闭格子包的对称积分点将间断 Galerkin 谱元法推广到混合网格中, 采用限制器方法对间断附近单元内的多项式进行限制而达到无波动效果。限制器采用了分别对完全基单元和张量积单元采用二次重构和 Hermite 二次重构的方法进行候选多项式的构造, 并采用 WENO 方法进行权重计算并加权平均, 同时对非线性方程在特征空间上的限制计算进行简化以减少计算量。对复杂外形流域采用 Gmsh 开源程序生成高阶单元, 尤其在固体壁面上考虑了实际几何形状而生成贴合壁面的高阶边界层单元。对于湍流的计算使用 Spalart-Allmarus 模式及 SA-IDDES 混合模式结合高精度方法计算高雷诺数的工程流动。

liwanai07@gmail.com

MS4102

CSTAM2015-A21-E1568

火星探测器数值模拟研究与分析

吴波佼, 袁先旭, 谢昱飞, 陈琦

中国空气动力研究与发展中心总体技术部, 绵阳 621000

通过数值模拟方法, 对火星探测器 (火星科学实验室) 升力式进入火星大气的高超声速段进行了数值模拟, 分析了 CO₂ 效应和大气环境对探测器气动特性的影响。

414168934@qq.com

MS4103

CSTAM2015-A21-E1569

边界层流动中的数值黏性校准

谢文佳, 李桦, 刘枫, 张冉

国防科学技术大学航天科学与工程学院, 长沙 410073

采用线性分析法, 针对迎风格式在边界层内的耗散特性进行了理论分析。分析结论认为, 迎风格式精确分辨边界层的充分条件为格式对密度梯度与速度梯度必须同时具有保持性。

wjxie_kingwen@126.com

MS4104

CSTAM2015-A21-E1570

基于气体运动学理论的高精度间断有限元方法

任晓栋, 徐昆

香港九龙清水湾道香港科技大学数学系, 香港 999077

基于气体运动学理论的高精度间断有限元方法, 可有效降低方程处理的复杂度; 能够获得时空相关的通量分布函数, 空间上不需要对不同高斯数值积分点上的通量分别进行求解, 时间上不需要采用多步 Runge-Kutta 方法实现高阶时间精度, 从而能够较为有效的降低计算耗时; 应用于带有运动边界的问题时, 可保持高精度并自动满足几何守恒律。

maxdren@ust.hk

MS4105

CSTAM2015-A21-E1571

低耗散格式的激波异常现象研究

谢文佳, 李桦, 田正雨, 曹文斌

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

对几种典型的低耗散激波捕捉格式进行稳定性分析, 研究激波异常现象发生的原因。分别对熵波和剪切波添加了数值耗散, 研究发现格式对剪切波存在数值黏性可以有效抑制激波异常现象的发生, 而对熵波的数值黏性则对抑制激波异常没有帮助。提出了修正低耗散激波捕捉格式使其激波稳定的新方法, 数值实验验证了该方法的有效性。

wjxie_kingwen@126.com

MS4108

CSTAM2015-A21-E1572

非结构网格紧致型高精度有限体积方法

王乾¹, 任玉新¹, 李万爱²

¹ 清华大学航天航空学院, 北京 100084

² 中山大学中法核工程学院, 珠海 519082

提出了一种非结构网格上的紧致型高精度有限体积方法。方法中重构模板仅包含当前单元及其面相邻单元。为确定未知的本单元重构多项式系数, 构造本单元和面相邻单元重构多项式之间的关系式。将本单元的重构多项式延拓到面相邻单元, 使其在面相邻单元上的平均值和其导数的平均值分别等于该相邻单元的平均值和导数平均值。对每个单元, 利用上述关系式可以导出一个超定线性方程组。

wanggan12@mails.tsinghua.edu.cn

MS4110

CSTAM2015-A21-E1573

基于点云法重构的高精度无网格方法求解二维可压缩流动

李学利, 任玉新

清华大学航天航空学院工程力学系, 北京 100084

提出一类真正基于点云重构的高阶无网格方法完整框架。以求解可压缩 Navier-Stokes 方程为例, 这种方法采用多