

2D可压缩有限体积格子Boltzmann方法在磁流体力学中的应用

黄好雨, 金科, 李凯, 李恒

摘要

建立了一种基于有限体积格式的二维可压缩磁流体力学格子Boltzmann方法(LBM)。采用双分布D2Q17模型模拟流场。为了满足麦克斯韦方程组的椭圆约束,用双曲麦克斯韦方程组来模拟电磁场。纯双曲修正方法满足电荷守恒的约束。利用源项耦合流场和电磁场,模拟可压缩磁流体。宏观量不再是通过分布函数积分得到的,而是通过宏观量在宏观方程中的通量来更新的。通过对分布函数的通量进行积分,得到宏观量的通量,这使得宏观方程中加载源项变得非常方便的。仿真结果表明,FVLBM流-电磁耦合模型能得到合理的结果。

方法

计算电磁场得到电磁参数

计算流场界面介观通量

介观通量求矩得宏观通量

宏观方程加载电磁源项

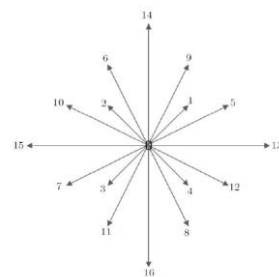


FIG.1 D2Q17离散速度模型

算例1: Brio-wu激波管

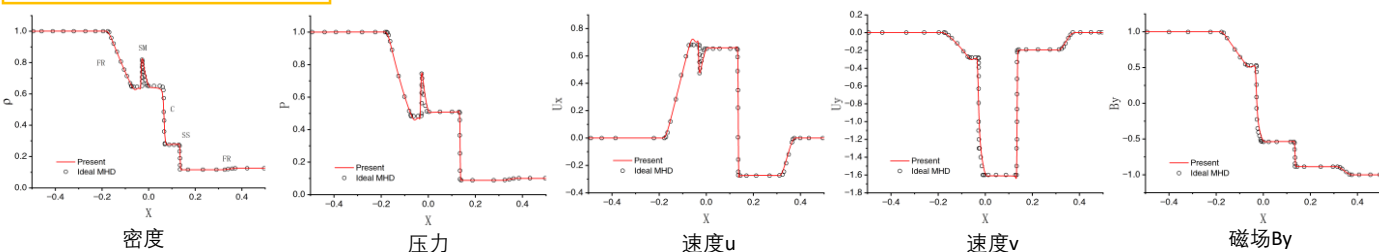


FIG.2 $t=1.0$ 时刻的宏观量(a密度, b压力, c速度u, d速度v, e Y方向的磁场强度), 符号FR表示一个快速稀疏波; SM表示一个混合波(一个中间激波跟随着一个慢稀疏波); C是连续不接触阶段; SS是一个慢激波。

算例2: Orszag-Tang涡

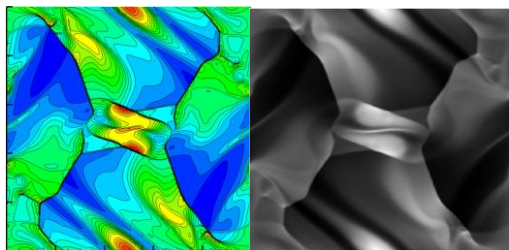


FIG.3 $t=0.48$ 时刻的压力云图; 左边模拟结果, 右边文献结果。

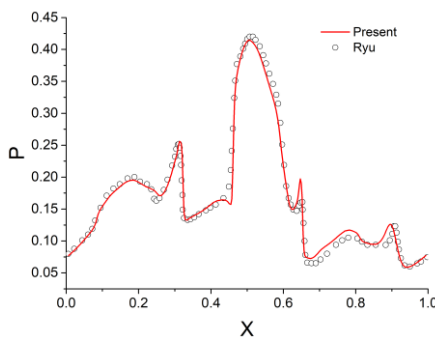


FIG.4 $t=0.48$ 时刻, $y=0.427$ 处的压力线对比图; 从图中可以看出在0.6-0.8段模拟结果略高文献结果, 其余处模拟结果良好。

算例3: 爆炸问题

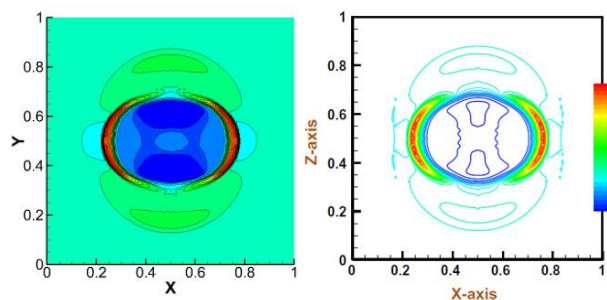


FIG.5 $t=0.02$ 时刻的密度云图; 左边模拟结果, 右边文献结果。

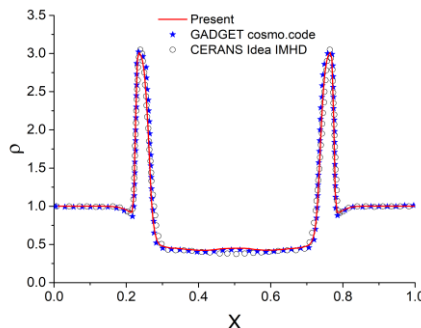


FIG.6 $t=0.02$ 时刻, $y=0.5$ 处的密度线对比图; 从图中可以看出模拟结果良好。

联系方式: 黄好雨(haoyuhuang@stu.xidian.edu.cn)
金科 (kjin@xidian.edu.cn)
李凯 (lik@xidian.edu.cn)
李恒 (hengli@mail.nwpu.edu.cn)

致谢: 本工作由国家自然科学基金青年项目(No. 11702203、11972272、12072246)和国家数值风洞研究项目(No. nnnw2020zp3-a23)资助。感谢西北工业大学潘东鑫博士对介观方法的帮助



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY