程序说明

1 程序结构

data_in	放置输入初始数据文件 RHO,U,P,config 的文件夹
data_out	放置输出计算过程中 RHO,U,P,E 和拉式坐标 X 变化结果的文件夹
file_io	数据文件读入与读出的程序
finite_volume	有限格式的算法程序
Riemann_solver	精确 Riemann 解法器
hydrocode/hydrocode.c	主程序
hydrocode/make.sh	编译和运行程序的脚本

在 Linux 终端下运行 make.sh 即可使用 gcc 编译程序, 使用 MATLAB 软件画图.
具体如何查看程序的使用指南, 请参考 README.md 中的介绍.

2 数值格式

精确 Riemann 解法器根据【1】或者【2】(Appendix C) 所写.

2.1 拉格朗日格式

向前 Euler 格式 [GRP/Gdounov_solver_LAG_source()]:

$$
\begin{aligned}
m_i(1/\rho_i^{n+1}-1/\rho_i^n)-\Delta t(u_{i+1/2}^{n+1/2}-u_{i-1/2}^{n+1/2})&=0,\\
m_i(u_i^{n+1}-u_i^n)+\Delta t(p_{i+1/2}^{n+1/2}-p_{i-1/2}^{n+1/2})&=0,\\
m_i(e_i^{n+1}-e_i^n)+\Delta t(p_{i+1/2}^{n+1/2}u_{i+1/2}^{n+1/2}-p_{i-1/2}^{n+1/2}u_{i-1/2}^{n+1/2})&=0.
\end{aligned}
$$

接触间断的位置计算:

$$x_{i+1/2}^{n+1}=x_{i+1/2}^n+\Delta t u_{i+1/2}^{n+1/2}.$$

网格节点 $i+1/2$ 处的平均数值通量:

$$
\begin{aligned}
u_{i+1/2}^{n+1/2}&=u_{i+1/2}^{*,n}+\frac{\Delta t}{2}\left(\frac{Du}{Dt}\right)_{i+1/2}^n,\\
p_{i+1/2}^{n+1/2}&=p_{i+1/2}^{*,n}+\frac{\Delta t}{2}\left(\frac{Dp}{Dt}\right)_{i+1/2}^n.
\end{aligned}
$$

其中 u^*, p^* 为 Rienmann 问题中 $*$ 区域内的解.

- 拉式 Gdounov 格式 [Gdounov_solver_LAG_source()]

$$\left(\frac{Du}{Dt}\right)_{i+1/2}^{n} = 0, \quad \left(\frac{Dp}{Dt}\right)_{i+1/2}^{n} = 0$$

.

- 拉式 GRP 格式 [GRP_solver_LAG_source()]

  通过斜率限制器重构得到的斜率求出接触间断处的物质导数, 由 GRP 解法器 [linear_GRP_solver_LAG()] 计算出时间导数, 通过完全显式向前 Euler 格式更新, 再计算出斜率.

3 数值算例

【2】

6.1 Sod's shock tube problem

6.2.1 Shock-Contact Interaction

6.2.3 Shock-CRW Interaction

【3】

9.1(a) Sod problem

9.1(b) Nearly stationary shock

9.1(d) Interacting blast wave problem

9.1(e) Low density and internal energy Riemann problem

【4】

4.2 Almost stationary shock

4.3 The double-shock problem

4.4 The low-density problem

4.5 The Noh shock reflection problem

References

【1】 E. F. Toro, A Fast Riemann Solver with Constant Covolume Applied to the Random Choice Method. Int. J. Numer. Meth. Fluids, 9:1145–1164, 1989.

【2】 M. Ben-Artzi & J. Falcovitz, ”Generalized Riemann problems in computational fluid dynamics”, Cambridge University Press, 2003.

【3】 M. Ben-Artzi, J. Li & G. Warnecke, A direct Eulerian GRP scheme for compressible fluid flows, Journal of Computational Physics, 218.1: 19-43, 2006.

【4】 M. J. Li, B. Tian & S. Wang, Dissipation matrix and artificial heat conduction for Godunov-type schemes of compressible fluid flows, Int. J. Numer. Meth. Fluids, 84: 57-75, 2017.