

# 程序说明

## 1 程序结构

<code>data_in</code>	放置输入初始数据文件 RHO,U,P,config 的文件夹
<code>data_out</code>	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
<code>tools</code>	一些小工具
<code>file_io</code>	数据文件读入与读出的程序
<code>Riemann_solver</code>	精确 Riemann 解法器
<code>finite_volume</code>	有限格式的算法程序
<code>inter_process</code>	有限格式中间过程的算法程序
<code>include</code>	程序的所有头文件
<code>hydrocode/hydrocode.c</code>	主程序
<code>hydrocode/make.sh</code>	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/Octave 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:

$$u_{i+1/2}^{n+1/2} = u_{i+1/2}^{*,n} + \frac{\Delta t}{2} \left( \frac{Du}{Dt} \right)_{i+1/2}^n,$$

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

其中  $u^*, p^*$  为 Riemann 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】** 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.