

AEDC 弹体分离算例（非结构网格计算）

1 算例概述

AEDC 弹体分离，风雷软件^[1,2]非结构重叠网格。

该算例既要重叠装配又要流场计算。

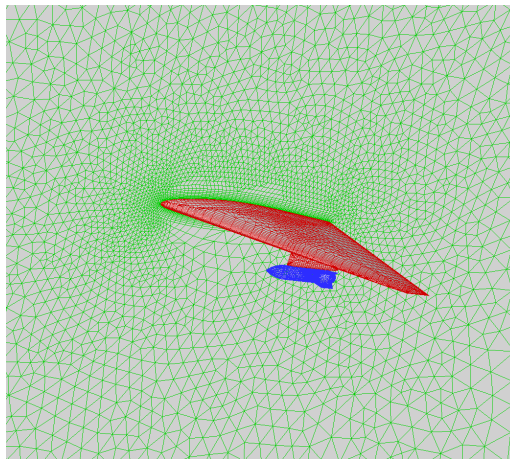
测试环境：8 核并行。

- [1]. 赵钟, 等. 通用 CFD 软件 PHengLEI 设计 [J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(2): 210-219. (Zhao Z, et al. Design of general CFD software PHengLEI [J]. Computer Engineering & Science, 2020, 42(2): 210-219. (in Chinese))
- [2]. 赵钟, 等. 适用于任意网格的大规模并行 CFD 计算框架 PHengLEI [J]. 计算机学报, 2018, 42(11): 2368-2383. (Zhao Z, et al. PHengLEI: A Large Scale Parallel CFD Framework for Arbitrary Grids [J]. Chinese Journal of Computers, 2018, 42(11): 2368-2383. (in Chinese))

2 计算条件

| | | | | |
|------|---------|------|------|---------|
| 马赫数 | 单位长度雷诺数 | 攻角 | 侧滑角 | 来流温度 |
| 0.95 | 7.87E6 | 0 | 0 | 288.15 |
| 壁面 | 参考展长 | 参考长度 | 参考面积 | 参考点 |
| 绝热壁面 | 1 | 1 | 1 | (0,0,0) |

3 计算网格



约 288545 非结构网格单元，重叠区域边界的边界条件 bctype 为

4 参数设置

4.1 网格转换

注：本次网格转换要依次对 Missile.cas、MissileIn.cas、Wing.cas、WingIn.cas 等 4 部分网格进行网格转换操作。

网格转换：key.hypara + grid_para.hypara

命令：在可执行程序位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”

输入 mpiexec -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe 进行网格转换

| 文件 | 参 数 | 值 | 备注 |
|------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| key.hypara | ndim | 3 | 空间维数 |
| | nparafile | 1 | 参数文件个数 |
| | nsimutask | 1 | 参数类型 |
| | string parafilename = | "/bin/grid_para.hypara" | 相应参数文件路径 |
| grid_para.hypara | int gridtype | 0 | 网格类型 |
| | axisup | 1 | 坐标方向 |
| | int from_gtype | 5 | 输入网格类型 |
| | string from_gfile | "/grid/Missile.cas" | 指定输入网格路径 |
| | string out_gfile | "/grid/Missile.fts" | 指定输出格路径 |

按照上面相同的设置，只修改输入和输出路径中（上表最后两行）的网格文件名，再依次对 MissileIn.cas、Wing.cas、WingIn.cas 进行网格分区操作。最终在 grid 文件夹中转换生成 Missile_0.fts、MissileIn_0.fts、Wing_0.fts、WingIn_0.fts 等 4 个.fts 格式的网格文件。

| | | |
|--------------------|-----------------|-----------|
| Missile.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| Missile_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| Missile_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| Missile_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |
| MissileIn.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| MissileIn_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| MissileIn_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| MissileIn_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |
| Wing.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| Wing_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| Wing_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| Wing_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |
| WingIn.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| WingIn_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| WingIn_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| WingIn_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |

图 1 转换生成的网格

4.2 边界条件

在网格转换操作结束后，需要将 grid 文件夹各个网格的.bcname 文件（图 1）中的边界条件信息（以 Missile_0.bcname 为例，如图 2 所示）拷贝到 bin 文件夹中的 boundary_condition.hypara 文件中（注：各个网格文件中重复边界信息只拷贝 1 次）；然后修改 boundary_condition.hypara 文件中 nBoundaryConditons（边界条件类型的数目）的数值为 5，最终效果如图 3 所示。

| | | | |
|--------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Missile.cas | 2021/6/16 星期... | CAS 文件 | 7,096 KB |
| Missile_0.bcmesh | 2021/6/20 星期... | BCMESH 文件 | 218 KB |
| Missile_0.bcname | 2021/6/20 星期... | BCNAME 文件 | 1 KB |
| Missile_0.fts | 2021/6/20 星期... | FTS 文件 | 6,840 KB |
| MissileIn.cas | 2021/6/16 星期... | CAS 文件 | 1,202 KB |
| MissileIn_0.bcmesh | 2021/6/20 星期... | BCMESH 文件 | 158 KB |
| MissileIn_0.bcname | 2021/6/20 星期... | BCNAME 文件 | 1 KB |
| MissileIn_0.fts | 2021/6/20 星期... | FTS 文件 | 1,461 KB |
| Wing.cas | 2021/6/16 星期... | CAS 文件 | 18,834 KB |
| Wing_0.bcmesh | 2021/6/20 星期... | BCMESH 文件 | 463 KB |
| Wing_0.bcname | 2021/6/20 星期... | BCNAME 文件 | 1 KB |
| Wing_0.fts | 2021/6/20 星期... | FTS 文件 | 17,604 KB |
| WingIn.cas | 2021/6/16 星期... | CAS 文件 | 2,143 KB |
| WingIn_0.bcmesh | 2021/6/20 星期... | BCMESH 文件 | 149 KB |
| WingIn_0.bcname | 2021/6/20 星期... | BCNAME 文件 | 1 KB |
| WingIn_0.fts | 2021/6/20 星期... | FTS 文件 | 2,267 KB |

图 1 grid 文件夹生成的.bcname 文件

```
# bcType(in PHengLEI): Boundary Cond:
int nBoundaryConditons = 2;
string bcName = "1";
{
    int bcType = 2;
}
string bcName = "4";
{
    int bcType = 1000;
}
```

图 2 .bcname 文件中的边界条件信息

```
int nBoundaryConditons = 5;
string bcName = "0";
{
    int bcType = 2;
}
string bcName = "1";
{
    int bcType = 2;
}
string bcName = "3";
{
    int bcType = 3;
}
string bcName = "2";
{
    int bcType = 4;
}
string bcName = "4";
{
    int bcType = 1000;
}
```

图 3 boundary_condition.hypara 文件修改后的最终效果

注意:复制过来的边界信息顺序无影响,保证有 5 个边界信息。

4.3 网格分区

注:只需对先前 grid 文件夹中转换生成的 Missile.fts (2 个分区)、Wing.fts (6 个分区) 进行网格分区操作。

网格转换: key.hypara + partition.hypara

命令: 在可执行程序位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”

输入 `mpirun -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行网格分区

| 文件 | 参数 | 值 | 备注 |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|
| key.hypara | ndim | 3 | 空间维数 |
| | nparafile | 1 | 参数文件个数 |
| | nsimutask | 3 | 参数类型 |
| | string parafilename = | "./bin/partition.hypara" | 相应参数文件路径 |
| partition.hypara | int pgridtype | 0 | 网格类型 |
| | int macproc | Missile 2 | 分区数 |
| | | Wing 6 | |
| | string original_grid_file | "./grid/ Missile.fts" | 分区前网格文件路径 |
| | string partition_grid_file | "./grid/Missile__2.fts" | 分区前网格文件路径 |
| int numberOfMultigrid | 1 | 多重计算分区 | |

先按照上表中的参数设置对 Missile.fts 进行网格分区 (2 个分区) 操作生成分区后的 Missile__2.fts 文件; 再按照相同的设置, 修改分区数 (macproc) 的值为 6, 修改输入和输出路径中的网格文件名为 Wing.fts 和 Wing__6.fts 然后进行网格分区操作生成分区后的 Wing__6.fts 文件。

| | | |
|--------------------|-----------------|-----------|
| Missile.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| Missile__2_0.fts | 2021/6/24 16:29 | FTS 文件 |
| Missile_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| Missile_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| Missile_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |
| MissileIn.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| MissileIn_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| MissileIn_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| MissileIn_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |
| Wing.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| Wing__6_0.fts | 2021/6/24 16:30 | FTS 文件 |
| Wing_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| Wing_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| Wing_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |
| WingIn.cas | 2021/6/16 11:00 | CAS 文件 |
| WingIn_0.bcmesh | 2021/6/24 16:23 | BCMESH 文件 |
| WingIn_0.bcname | 2021/6/24 16:23 | BCNAME 文件 |
| WingIn_0.fts | 2021/6/24 16:23 | FTS 文件 |

图 1 分区生成的网格

4.4 CFD 计算

CFD 计算：

key.hypara + cfd_para_transonic.hypara+boundary_condition.hypara
+overset_config.hypara

注意：此文档为弹体分离_流场计算_算例说明文档

针对流场计算：需在key.hypara 中设置nparafile=2 和打开nsimutask=0

命令：在可执行程序位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”

输入 mpiexec -n 8 ./PHengLEIv3d0.exe 进行计算

| 文件 | 参 数 | 值 | 备注 |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| key.hypara | ndim | 3 | 空间维数 |
| | nparafile | 2 | 参数文件个数 |
| | nsimutask | 0 | 参数类型 |
| | string parafilename = | "/bin/cfd_para_t ransonic.hypara" | 计算参数文件路径 |
| | string parafilename1 = | "/bin/overset_co nfig.hypara" | 重叠参数文件路径 |
| boundary_condi tion.hypara | - | - | 采用网格转换后修改 好的文件 |
| overset_config.h ypara | parallelStrategy | 1 | 并行策略 |
| | numberOfGridGroups | 2 | 网格组个数 |
| | string gridfile | "/grid/Wing__6. fts" | 第一部分网格文件路 径 |
| | string gridfile1 | "/grid/Missile__ 2.fts" | 第二部分网格文件路 径 |
| | codeOfOversetGrid | 1 | 有无重叠网格 |
| | codeOfOversetSlipGrid | 0 | 网格有无滑移 |
| | readOversetFileOrNot | 0 | 是否读取 ovs 文件 |
| | symetryOrNot | 1 | 是否只进行半场计算 |
| | readInAuxiliaryInnerGrid | 1 | 是否需要辅助网格 (inner) |
| | readInAuxiliaryOuterGrid | 0 | 是否需要辅助网格 (outer) |
| | readInSkfFileOrNot | 0 | 是否读入 skf 文件 |
| | auxiliaryInnerGrid0 | "/grid/WingIn.ft s"; | 第一部分网格辅助网 格文件路径 |

| | | | |
|-------------------------------|---|----------------------------|--------------------------|
| | auxiliaryInnerGrid1 | "./grid/MissileIn. fts" | 第二部分网格辅助网 格文件路径 |
| | oversetGridFileName | "./grid/overlap.o vs" | |
| | walldistMainZone | 1.0 | |
| | toleranceForOversetSearch | 1e-3 | |
| | toleranceForOversetBox | 1e-3 | |
| | twoOrderInterpolationOrNot | 1 | 是否采用同二阶插值 |
| | keyEnlargeOfActiveNodes | 1 | 活跃区域扩展次数 |
| | outTecplotOverset | 1 | 是否输出重叠网格流 场数据 |
| | numberOfMovingBodies | 2 | |
| | morphing_0 | 0 | |
| | morphing_1 | 0 | |
| | morphing_2 | 0 | |
| cfd_para_transo nic.hypara | maxSimuStep | 50 | 迭代计算步数 |
| | intervalStepFlow | 10 | 流场文件步数 |
| | intervalStepPlot | 10 | 可视化输出步数 |
| | intervalStepForce | 10 | 气动力输出步数 |
| | intervalStepRes | 10 | 残差输出步数 |
| | refMachNumber | 0.95 | 来流马赫数 |
| | attackd | 0.00 | 来流攻角 |
| | angleSlide | 0.00 | 侧滑角 |
| | refReNumber | 7.87E6 | 来流单位雷诺数 |
| | refDimensionalTemperature | 288.15 | 来流温度 |
| | gridScaleFactor | 1.0 | 网格缩放比 |
| | forceReferenceLengthSpan Wise | 1.0 | 参考展长 |
| | forceReferenceLength | 1.0 | 参考长度 |
| | forceReferenceArea | 1.0 | 参考面积 |
| | TorqueRefX | 0.0 | 参考坐标 |
| | TorqueRefY | 0.0 | |
| | TorqueRefZ | 0.0 | |
| | viscousType viscousName | 4 2eq-kw-menter-s st | NS 方程类型 粘性类型 |
| | string str_scheme_name string str_limiter_name | - | 结构网格： 空间离散格式 限制器类型 |
| | string uns_limiter_name | "roe" | 非结构网格： 限制器类型 |

| | | |
|--------------------|-----|-----------|
| double venkatCoeff | 0.5 | 限制器系数 |
| iunsteady | 0 | 定常/非定常计算 |
| CFLend | 0.5 | CFL 终止步 |
| nLUSGSsweeps | 1 | LUSGS 扫描步 |
| nMGLevel | 1 | 多重网格数 |

5 结论

PHengLE