

AEDC 弹体分离算例（非结构网格装配）

1 算例概述

AEDC 弹体分离，风雷软件^[1,2]非结构重叠网格。

WPSF 算例为标准的弹翼分离算例，由美国空军研究实验室（AFRL）资助，风洞试验在阿诺德工程发展中心（AEDC）4 英尺跨音速空气动力风洞进行。该算例几何外形由机翼/挂架/带翼导弹组成。AEDC 采用捕获轨迹系统（CTS）进行投放试验，该系统连接外挂物，是一个可以进行六自由度运动的尾支杆。试验于 1996 年 6 月 12 日完成，测试数据对外公开，用于多体分离数值软件的验证确认。

该算例只验证重叠网格装配，查看挖洞效果，不进行流场计算。

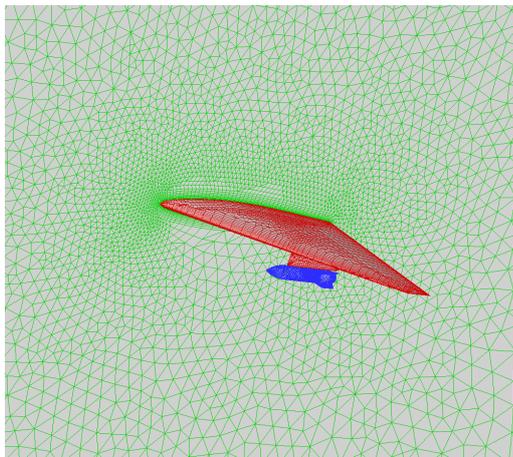
测试环境：8 核并行。

- [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 1000

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 15:47	BCMESH 文件
Missile_0.bcname	2021/6/24 15:47	BCNAME 文件
Missile_0.fts	2021/6/24 15:47	FTS 文件
MissileIn.cas	2021/6/16 11:00	CAS 文件
MissileIn_0.bcmesh	2021/6/24 15:49	BCMESH 文件
MissileIn_0.bcname	2021/6/24 15:49	BCNAME 文件
MissileIn_0.fts	2021/6/24 15:49	FTS 文件
Wing.cas	2021/6/16 11:00	CAS 文件
Wing_0.bcmesh	2021/6/24 15:49	BCMESH 文件
Wing_0.bcname	2021/6/24 15:49	BCNAME 文件
Wing_0.fts	2021/6/24 15:49	FTS 文件
WingIn.cas	2021/6/16 11:00	CAS 文件
WingIn_0.bcmesh	2021/6/24 15:50	BCMESH 文件
WingIn_0.bcname	2021/6/24 15:50	BCNAME 文件
WingIn_0.fts	2021/6/24 15:50	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 mpiexec -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 16:01	FTS 文件
Missile_0.bcmesh	2021/6/24 15:47	BCMESH 文件
Missile_0.bcname	2021/6/24 15:47	BCNAME 文件
Missile_0.fts	2021/6/24 15:47	FTS 文件
MissileIn.cas	2021/6/16 11:00	CAS 文件
MissileIn_0.bcmesh	2021/6/24 15:49	BCMESH 文件
MissileIn_0.bcname	2021/6/24 15:49	BCNAME 文件
MissileIn_0.fts	2021/6/24 15:49	FTS 文件
Wing.cas	2021/6/16 11:00	CAS 文件
Wing_6_0.fts	2021/6/24 16:02	FTS 文件
Wing_0.bcmesh	2021/6/24 15:49	BCMESH 文件
Wing_0.bcname	2021/6/24 15:49	BCNAME 文件
Wing_0.fts	2021/6/24 15:49	FTS 文件
WingIn.cas	2021/6/16 11:00	CAS 文件
WingIn_0.bcmesh	2021/6/24 15:50	BCMESH 文件
WingIn_0.bcname	2021/6/24 15:50	BCNAME 文件
WingIn_0.fts	2021/6/24 15:50	FTS 文件

图 1 分区生成的网格

4.4 CFD 计算

CFD 计算:

key.hypara + boundary_condition.hypara+overset_config.hypara

注意: 此文档为重叠装配算例说明文档

针对重叠装配: 需在 key.hypara 中设置 nparafile=1 和打开 nsimutask=6

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	1	参数文件个数
	nsimutask	6	参数类型
	string parafilename =	"/bin/overset_configuration.hypara"	计算参数文件路径
boundary_condition.hypara	-	-	采用网格转换后修改好的文件
overset_config.hypara	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_0.fts"	第二部分网格文件路径

**cf_d_para_transo
nic.hypara**

	2.fts"	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)
readInSkIFileOrNot	0	是否读入 skl 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	
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
forceRefenenceLengthSpan Wise	1.0	参考展长
forceRefenenceLength	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	4	NS 方程类型
viscousName	2eq-kw-menter-s st	粘性类型
string str_scheme_name	-	结构网格:
string str_limiter_name		空间离散格式 限制器类型
string uns_limiter_name	"roe"	非结构网格:
double venkatCoeff	0.5	限制器类型 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