

AEDC 吊舱分离重叠装配算例

(非结构网格)

1 算例概述

AEDC 吊舱分离，风雷软件^[1,2]非结构重叠网格。

WPFS 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/带翼吊舱组成。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。

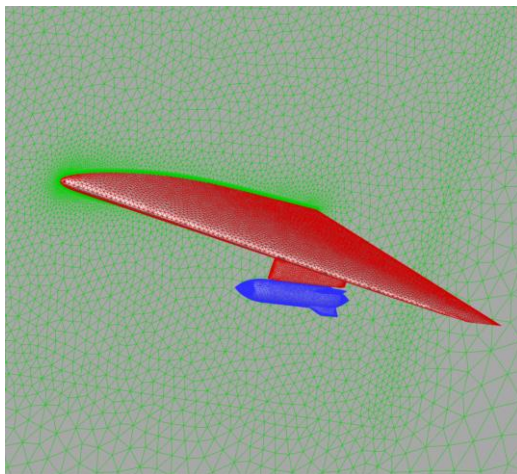
测试环境：8 核并行。

- [1]. 赵钟, 等. 风雷 (PHengLEI) 通用 CFD 软件设计 [J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(2): 210-219. (Zhao Zhong, 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, 2019, 42(11): 2368-2383. (Zhao Zhong, et al. PHengLEI: A Large Scale Parallel CFD Framework for Arbitrary Grids [J]. Chinese Journal of Computers, 2019, 42(11): 2368-2383. (in Chinese))

2 计算条件

马赫数	飞行高度 (km)	攻角	侧滑角	壁面
0.95	8.0	0	0	绝热壁面
网格缩放	参考展长	参考长度	参考面积	参考点
1	1	1	1	(0,0,0)

3 计算网格



重叠装配前的多弹结构网格主要由主翼及 3 个弹体等 4 部分网格组成，共计约 2112820 非结构网格单元。

4 参数设置

4.1 网格转换

注：本次网格转换只需执行一次程序便可完成对 Missile.cgns、MissileIn.cgns、Wing.cgns、WingIn.cgns 等 4 部分网格的网格转换操作。

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
	nAxisRotateTimes	0	坐标轴旋转次数
	axisRotateOrder[]	[1, 2, 3]	坐标轴旋转顺序
	axisRotateAngles[]	[0.0, 0.0, 0.0]	坐标轴旋转角度
	int from_gtype	2	输入网格类型
	int numberOfGridFile	4	网格文件个数
	string from_gfile	"./grid/Missile.cgns"	网格路径 1
	string from_gfile1	"./grid/MissileIn.cgns"	网格路径 2
	string from_gfile2	"./grid/Wing.cgns"	网格路径 3
string from_gfile3	"./grid/WingIn.cgns"	网格路径 4	

按照上面的参数设置，只需执行一次程序即可完成对所有 4 部分的网格转换操作。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.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	45,480 KB
Missile_0.bcmesh	2023/6/7 11:34	BCMESH 文件	417 KB
Missile_0.bcname	2023/6/7 11:34	BCNAME 文件	1 KB
Missile_0.fts	2023/6/7 11:34	FTS 文件	85,332 KB
MissileIn.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	3,124 KB
MissileIn_0.bcmesh	2023/6/7 11:34	BCMESH 文件	417 KB
MissileIn_0.bcname	2023/6/7 11:34	BCNAME 文件	1 KB
MissileIn_0.fts	2023/6/7 11:34	FTS 文件	5,768 KB
Wing.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	49,917 KB
Wing_0.bcmesh	2023/6/7 11:35	BCMESH 文件	1,106 KB
Wing_0.bcname	2023/6/7 11:35	BCNAME 文件	1 KB
Wing_0.fts	2023/6/7 11:35	FTS 文件	92,271 KB
WingIn.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	2,831 KB
WingIn_0.bcmesh	2023/6/7 11:35	BCMESH 文件	501 KB
WingIn_0.bcname	2023/6/7 11:35	BCNAME 文件	1 KB
WingIn_0.fts	2023/6/7 11:35	FTS 文件	5,038 KB

图 1 转换生成的网格

在网格转换操作结束后，bin 文件夹中的 boundary_condition.hypara 文件中会自动生成当前所有网格的边界信息（共计 5 条），如图 2 所示。

```

int nBoundaryConditions = 5;
string bcName = "overset";
{
  int bcType = -3;
}
string bcName = "missile";
{
  string bodyName = "body";
  int bcType = 2;
}
string bcName = "wing";
{
  string bodyName = "body";
  int bcType = 2;
}
string bcName = "symmetry";
{
  int bcType = 3;
}
string bcName = "farfield";
{
  int bcType = 4;
}

```

图2 修改前 boundary_condition.hypara 文件的边界信息

4.2 边界条件

在网格转换操作结束后，需对 bin 文件夹新新生成的 boundary_condition.hypara 文件进行两处修改：1、将 UserDefined 边界的 bcType 值由-3 改为 1000（重叠边界）；2、对两个壁面边界中的 bodyName 进行修改，将 missile 对应 bodyName 修改为 body1，将 wing 对应 bodyName 修改为 body0，如图 3 所示。

```

int nBoundaryConditions = 5;
string bcName = "overset";
{
  int bcType = 1000;
}
string bcName = "missile";
{
  string bodyName = "body1";
  int bcType = 2;
}
string bcName = "wing";
{
  string bodyName = "body0";
  int bcType = 2;
}
string bcName = "symmetry";
{
  int bcType = 3;
}
string bcName = "farfield";
{
  int bcType = 4;
}

```

图3 修改后 boundary_condition.hypara 文件的边界信息

4.3 网格分区

注：只需执行一次程序就能完成对先前 grid 文件夹中转换生成的 Missile.fts（8 个分区）、Wing.fts（8 个分区）的网格分区操作。

网格分区：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 numberOfGridFile	0	网格文件个数
	int pgridtype	0	网格 1 类型
	int pgridtype1	0	网格 2 类型
	int maxproc	8	网格 1 分区数
	int maxproc1	8	网格 2 分区数
	string original_grid_file	"/.grid/Missile.fts"	网格 1 路径
	string original_grid_file1	"/.grid/Wing.fts"	网格 2 路径

按照上表中的参数设置，只需执行一次程序就能完成对 Missile.fts 等 2 部分.fts 网络的分区操作，如图 1 所示。

Missile.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	45,480 KB
Missile_8_0.fts	2023/6/7 14:13	FTS 文件	88,700 KB
Missile_0.bcmesh	2023/6/7 11:34	BCMESH 文件	417 KB
Missile_0.bcname	2023/6/7 11:34	BCNAME 文件	1 KB
Missile_0.fts	2023/6/7 11:34	FTS 文件	85,332 KB
MissileIn.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	3,124 KB
MissileIn_0.bcmesh	2023/6/7 11:34	BCMESH 文件	417 KB
MissileIn_0.bcname	2023/6/7 11:34	BCNAME 文件	1 KB
MissileIn_0.fts	2023/6/7 11:34	FTS 文件	5,768 KB
Wing.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	49,917 KB
Wing_8_0.fts	2023/6/7 14:13	FTS 文件	95,327 KB
Wing_0.bcmesh	2023/6/7 11:35	BCMESH 文件	1,106 KB
Wing_0.bcname	2023/6/7 11:35	BCNAME 文件	1 KB
Wing_0.fts	2023/6/7 11:35	FTS 文件	92,271 KB
WingIn.cgns	2022/7/14 10:23	CGNS 文件	2,831 KB
WingIn_0.bcmesh	2023/6/7 11:35	BCMESH 文件	501 KB
WingIn_0.bcname	2023/6/7 11:35	BCNAME 文件	1 KB
WingIn_0.fts	2023/6/7 11:35	FTS 文件	5,038 KB

图 4 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：此文档为弹体分离_重叠装配_算例说明文档

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
	nparafilename	1	参数文件个数
	nsimutask	6	参数类型
	string parafilename =	"/bin/overset_config.hypara"	重叠参数文件路径
boundary_condition.hypara	-	-	采用网格转换后修改好的文件
overset_config.hypara	numberOfGridGroups	2	网格组个数
	string gridfile	"/grid/Wing_8.fts"	第一部分网格文件路径
	string gridfile1	"/grid/Missile_8.fts"	第二部分网格文件路径
	codeOfOversetGrid	1	有无重叠网格
	symetryOrNot	1	是否只进行半场计算
	readInAuxiliaryInnerGrid	1	是否需要辅助网格(inner)
	auxiliaryInnerGrid0	"/grid/WingIn.fts";	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
	twoOrderInterpolationOrNot	1	插值单元层数
	keyEnlargeOfActiveNodes	3	活跃区域扩展次数
outTecplotOverset	1	完成重叠装配后是否输出网格流场数据	

5 装配结果

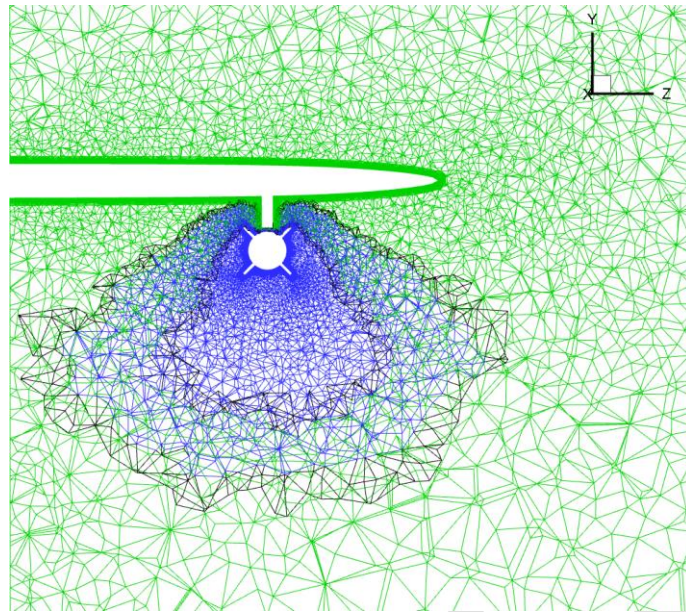


图5 装配后效果

如图为重叠装配后的效果，其中彩色区域为装配后的活跃网格单元区域，黑色区域为插值网格单元区域。