

# 双翼 NACA0012 算例（非结构网格计算）

## 1 算例概述

双翼型 NACA0012，风雷软件<sup>[1,2]</sup>非结构重叠网格。

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。

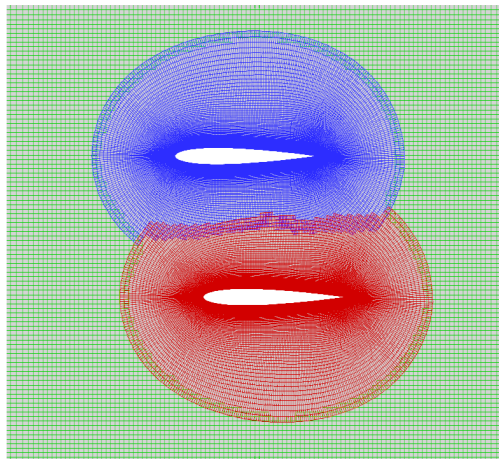
测试环境：6 核并行。

- [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
0.755	6.5e6	0.016	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



双翼型 NACA0012 非结构网格，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 aux-lower.cgns、aux-upper.cgns、background.cgns、lowerwing.cgns、upperwing.cgns 等 5 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	2	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	2	输入网格类型
	string from_gfile	"/.grid/aux-lower.cgns"	指定输入网格路径
	string out_gfile	"/.grid/aux-lower.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 aux-upper.cgns、background.cgns、lowerwing.cgns、upperwing.cgns 进行网格分区操作。最终在 grid 文件夹中转换生成 aux-lower\_0.fts、aux-upper\_0.fts、background\_0.fts、

lowerwing\_0.fts、upperwing\_0.fts 等 5 个.fts 格式的网格文件。

aux-lower.cgns	2021/6/23 19:30	CGNS 文件
aux-lower_0.bcmesh	2021/6/24 18:20	BCMESH 文件
aux-lower_0.bcname	2021/6/24 18:20	BCNAME 文件
aux-lower_0.fts	2021/6/24 18:20	FTS 文件
aux-upper.cgns	2021/6/23 19:25	CGNS 文件
aux-upper_0.bcmesh	2021/6/24 18:20	BCMESH 文件
aux-upper_0.bcname	2021/6/24 18:20	BCNAME 文件
aux-upper_0.fts	2021/6/24 18:20	FTS 文件
background.cgns	2021/6/24 11:40	CGNS 文件
background_0.bcmesh	2021/6/24 18:20	BCMESH 文件
background_0.bcname	2021/6/24 18:20	BCNAME 文件
background_0.fts	2021/6/24 18:20	FTS 文件
lowerwing.cgns	2021/6/24 12:33	CGNS 文件
lowerwing_0.bcmesh	2021/6/24 18:21	BCMESH 文件
lowerwing_0.bcname	2021/6/24 18:21	BCNAME 文件
lowerwing_0.fts	2021/6/24 18:21	FTS 文件
upperwing.cgns	2021/6/24 12:36	CGNS 文件
upperwing_0.bcmesh	2021/6/24 18:21	BCMESH 文件
upperwing_0.bcname	2021/6/24 18:21	BCNAME 文件
upperwing_0.fts	2021/6/24 18:21	FTS 文件

图 1 网格转换结果

## 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 aux-lower\_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 7，最终效果如图 3 所示。

aux-lower.cgns	2021/6/23 星期...	CGNS 文件	80 KB
aux-lower_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	95 KB
aux-lower_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
aux-lower_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	182 KB
aux-upper.cgns	2021/6/23 星期...	CGNS 文件	80 KB
aux-upper_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	95 KB
aux-upper_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
aux-upper_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	182 KB
background.cgns	2021/6/24 星期...	CGNS 文件	2,468 KB
background_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	2,493 KB
background_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
background_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	5,180 KB
lowerwing.cgns	2021/6/24 星期...	CGNS 文件	1,496 KB
lowerwing_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	1,508 KB
lowerwing_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
lowerwing_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	3,125 KB
upperwing.cgns	2021/6/24 星期...	CGNS 文件	1,496 KB
upperwing_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	1,508 KB
upperwing_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
upperwing_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	3,125 KB

图 1 grid 文件夹生成的.bcname 文件

```
# bcType(in PHengLEI): Boundary Condition Type.

int nBoundaryConditons = 2;
string bcName = "Wall";
{
    int bcType = 2;
}
string bcName = "Wall2";
{
    int bcType = 2;
}
```

图 2 .bcname 文件中的边界条件信息

```

int nBoundaryConditons = 7;
string bcName = "Wall";
{
    int bcType = 2;
}
string bcName = "Wall2";
{
    int bcType = 2;
}
string bcName = "Farfield";
{
    int bcType = 4;
}
string bcName = "Farfield2";
{
    int bcType = 4;
}
string bcName = "Farfield3";
{
    int bcType = 4;
}
string bcName = "Farfield4";
{
    int bcType = 4;
}
string bcName = "UserDefined";
{
    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 7 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 background.fts (2 个分区)、lowerwing.fts (2 个分区)、upperwing.fts (2 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	2	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	2	分区数
	string original_grid_file	"/.grid/ background.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"/.grid/ background__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 background.fts 进行网格分区 (2 个分区) 操作生成分区后的 background\_\_2.fts 文件; 再按照相同的设置, 重复 2 次操作:

1) 修改输入和输出路径中的网格文件名为 lowerwing.fts 和 lowerwing\_\_2.fts 然后进行网格分区操作生成分区后的 lowerwing\_\_2.fts 文件。

2) 修改输入和输出路径中的网格文件名为 upperwing.fts 和 upperwing\_\_2.fts 然后进行网格分区操作生成分区后的 upperwing\_\_2.fts 文件。

<input type="checkbox"/> aux-lower.cgns	2021/6/23 星期...	CGNS 文件	80 KB
<input type="checkbox"/> aux-lower_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	95 KB
<input type="checkbox"/> aux-lower_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
<input checked="" type="checkbox"/> aux-lower_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	182 KB
<input type="checkbox"/> aux-upper.cgns	2021/6/23 星期...	CGNS 文件	80 KB
<input type="checkbox"/> aux-upper_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	95 KB
<input type="checkbox"/> aux-upper_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
<input checked="" type="checkbox"/> aux-upper_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	182 KB
<input type="checkbox"/> background.cgns	2021/6/24 星期...	CGNS 文件	2,468 KB
<input checked="" type="checkbox"/> background__2_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	5,242 KB
<input type="checkbox"/> background__2_0.wdt	2021/6/24 星期...	WDT 文件	1,079 KB
<input type="checkbox"/> background_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	2,493 KB
<input type="checkbox"/> background_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
<input checked="" type="checkbox"/> background_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	5,180 KB
<input type="checkbox"/> lowerwing.cgns	2021/6/24 星期...	CGNS 文件	1,496 KB
<input checked="" type="checkbox"/> lowerwing__2_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	3,171 KB
<input type="checkbox"/> lowerwing_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	1,508 KB
<input type="checkbox"/> lowerwing_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
<input checked="" type="checkbox"/> lowerwing_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	3,125 KB
<input type="checkbox"/> upperwing.cgns	2021/6/24 星期...	CGNS 文件	1,496 KB
<input checked="" type="checkbox"/> upperwing__2_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	3,171 KB
<input type="checkbox"/> upperwing_0.bcmesh	2021/6/24 星期...	BCMESH 文件	1,508 KB
<input type="checkbox"/> upperwing_0.bcname	2021/6/24 星期...	BCNAME 文件	1 KB
<input checked="" type="checkbox"/> upperwing_0.fts	2021/6/24 星期...	FTS 文件	3,125 KB

图 1 网格分区结果

## 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 6 ./PHengLEIv3d0.exe 进行计算

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	2	空间维数
	nparafile	1	参数文件个数
	nsimutask	6	参数类型
	string parafilename1 =	"/bin/overset_configuration.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	parallelStrategy	1	并行策略
	numberOfGridGroups	3	网格组个数
	string gridfile	"/grid/background_2.fts"	第一部分网格文件路径
	string gridfile1	"/grid/upperwing_2.fts"	第二部分网格文件路径
	string gridfile2	"/grid/lowerwing_2.fts"	第三部分网格文件路径
	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)
	readInSkIFileOrNot	0	是否读入 skl 文件
auxiliaryInnerGrid0	"/grid/aux-upper_2.fts";	第一部分网格辅助网格文件路径	

	auxiliaryInnerGrid1	"/grid/aux-lower .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	300	迭代计算步数
	intervalStepFlow	100	流场文件步数
	intervalStepPlot	100	可视化输出步数
	intervalStepForce	100	气动力输出步数
	intervalStepRes	10	残差输出步数
	refMachNumber	0.755	来流马赫数
	attackd	0.016	来流攻角
	angleSlide	0.00	侧滑角
	refReNumber	6.5e6	来流单位雷诺数
	refDimensionalTemperature	288.15	来流温度
	gridScaleFactor	0.001	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	0	NS 方程类型
	viscousName	Euler	粘性类型
	string str_scheme_name string str_limiter_name	-	<b>结构网格:</b> 空间离散格式 限制器类型
string uns_limiter_name double venkatCoeff	"roe" 5.0	<b>非结构网格:</b> 限制器类型 限制器系数	



iunsteady	0	定常/非定常计算
CFLend	30.0	CFL 终止步
nLUSGSSweeps	1	LUSGS 扫描步
nMGLevel	1	多重网格数
flowInitStep	100	初始化流场步数

## 5 结论

PHengLE