

三维 M6 机翼网格并行加密

1 算例概述

M6 机翼，风雷软件^[1,2]非结构网格并行加密。

该算例只验证非结构网格并行加密功能，查看网格加密效果，不进行流场计算。

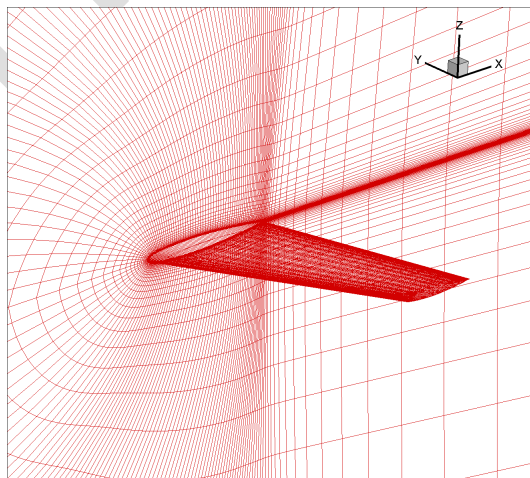
测试环境：4 核并行。

- [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))

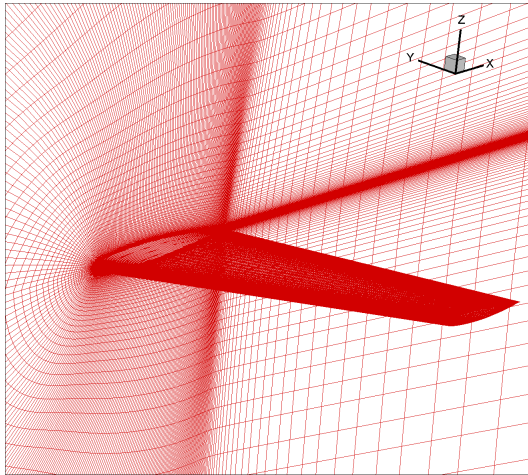
2 计算条件

无。

3 计算网格



加密前 M6 机翼网格，网格单元总数 294912。



加密后 M6 机翼网格，网格单元总数 2359300。

4 参数设置

4.1 网格转换

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
	string from_gfile	"/grid/M6_unstr.cgns"	指定输入网格路径

	string out_gfile	"./grid/M6_unstr.fts"	指定输出网格路径
--	------------------	-----------------------	----------

网格转换完成后, grid 文件夹会生成转换后的 M6_unstr_0.fts 的.fts 格式的网格文件, 如图 1 所示

M6_unstr.cgns	2020/11/20 17:28	CGNS 文件	26,387 KB
M6_unstr_0.bcmesh	2022/6/8 20:01	BCMESH 文件	911 KB
M6_unstr_0.bcname	2022/6/8 20:01	BCNAME 文件	1 KB
M6_unstr_0.fts	2022/6/8 20:01	FTS 文件	42,354 KB

图 1 网格转换结果

4.2 网格分区

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 pgridtype	0	网格类型
	int macproc	4	分区数
	string original_grid_file	"./grid/M6_unstr.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"./grid/M6_unstr__4.fts"	分区前网格文件路径
		"	分区前网格文件路径
	int numberOfMultigrid	1	多重计算分区

网格分区完成后, grid 文件夹会生成转换后的 M6_unstr__4_0.fts 的.fts 格式的网格文件, 如图 2 所示

M6_unstr.cgns	2020/11/20 17:28	CGNS 文件	26,387 KB
M6_unstr_4_0.fts	2022/6/8 20:21	FTS 文件	43,886 KB
M6_unstr_0.bcmesh	2022/6/8 20:01	BCMESH 文件	911 KB
M6_unstr_0.bcname	2022/6/8 20:01	BCNAME 文件	1 KB
M6_unstr_0.fts	2022/6/8 20:01	FTS 文件	42,354 KB

图 2 网格分区结果

4.3 并行网格加密

key.hypara + grid_refine_para.hypara

针对并行加密：在 key.hypara 中设置 *nsimutask=1*，但参数文件需设置为 *grid_refine_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 `mpirun -n 4 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行网格并行加密

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	3	空间维数
	nparafilename	1	参数文件个数
	nsimutask	1	参数类型
	string parafilename =	"/bin/grid_refine_para.hypara"	并行加密参数文件路径
grid_refine_para.hypara	int gridtype	0	网格类型
	int gridobj	2	网格操作任务类型
	int anisoRefine	0	是否采用各向异性加密
	string from_gfile	"/grid/M6_unstr_4.fts"	指定输入网格路径
	string out_gfile	"/grid/M6_unstr_refined_4.fts"	指定输出网格路径

网格并行加密完成后，grid 文件夹会生成并行加密后 M6_unstr_refined_4_0.fts、M6_unstr_refined_4_1.fts、M6_unstr_refined_4_2.fts、M6_unstr_refined_4_3.fts 等 4 个.fts 格式的网格文件，如图 3 所示

M6_unstr.cgns	2020/11/20 17:28	CGNS 文件	26,387 KB
M6_unstr_4_0.fts	2022/6/8 20:21	FTS 文件	43,886 KB
M6_unstr_0.bcmesh	2022/6/8 20:01	BCMESH 文件	911 KB
M6_unstr_0.bcname	2022/6/8 20:01	BCNAME 文件	1 KB
M6_unstr_0.fts	2022/6/8 20:01	FTS 文件	42,354 KB
M6_unstr_refined_4_0.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	85,088 KB
M6_unstr_refined_4_1.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	84,466 KB
M6_unstr_refined_4_2.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	85,064 KB
M6_unstr_refined_4_3.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	84,702 KB

图 3 网格并行加密结果

4.4 并行网格分区（可根据实际需求选择）

key.hypara + partition.hypara

针对并行分区：网格并行加密结束后，新生成的加密后网格的网格量一般都会很大，用户可考虑对这部分网格重新分区。在 key.hypara 中再次设置 nsimutask=3，并按下面表格对 partition.hypara 参数文件相关参数进行修改。

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 4 ./PHengLEIv3d0.exe 进行加密后网格的并行分区。

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	3	空间维数
	nparafilename	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	16	分区数
	string original_grid_file	"/grid/M6_unstr_refined_4.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"/grid/M6_unstr_refined_16.fts"	分区前网格文件路径
	int numberOfMultigrid	1	多重计算分区

网格并行分区完成后，grid 文件夹会生成并行加分区后

M6_unstr_refined__16_0.fts 、 M6_unstr_refined__16_1.fts 、

M6_unstr_refined__16_2.fts、M6_unstr_refined__16_3.fts 等 4 个.fts 格

式的网格文件，如图 4 所示

M6_unstr.cgns	2020/11/20 17:28	CGNS 文件	26,387 KB
M6_unstr_4_0.fts	2022/6/8 20:21	FTS 文件	43,886 KB
M6_unstr_0.bcmesh	2022/6/8 20:01	BCMESH 文件	911 KB
M6_unstr_0.bcname	2022/6/8 20:01	BCNAME 文件	1 KB
M6_unstr_0.fts	2022/6/8 20:01	FTS 文件	42,354 KB
M6_unstr_refined_4_0.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	85,088 KB
M6_unstr_refined_4_1.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	84,466 KB
M6_unstr_refined_4_2.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	85,064 KB
M6_unstr_refined_4_3.fts	2022/6/8 21:14	FTS 文件	84,702 KB
M6_unstr_refined_16_0.fts	2022/6/9 10:11	FTS 文件	87,055 KB
M6_unstr_refined_16_1.fts	2022/6/9 10:11	FTS 文件	87,615 KB
M6_unstr_refined_16_2.fts	2022/6/9 10:11	FTS 文件	87,321 KB
M6_unstr_refined_16_3.fts	2022/6/9 10:11	FTS 文件	87,099 KB

图 4 加密后网格并行分区结果

5 结论