

三维激波边界层干扰算例（结构网格）

1 算例概述

基于结构网格的三维激波边界层干扰数值模拟，考察结构解算器对超声速层流激波/边界层相互干扰的模拟能力。

测试环境：4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
7.11	5.706e6	0	0	80
壁面	参考展长	参考长度	参考面积	参考点
311	1	1	1	(0,0,0)

3 计算网格

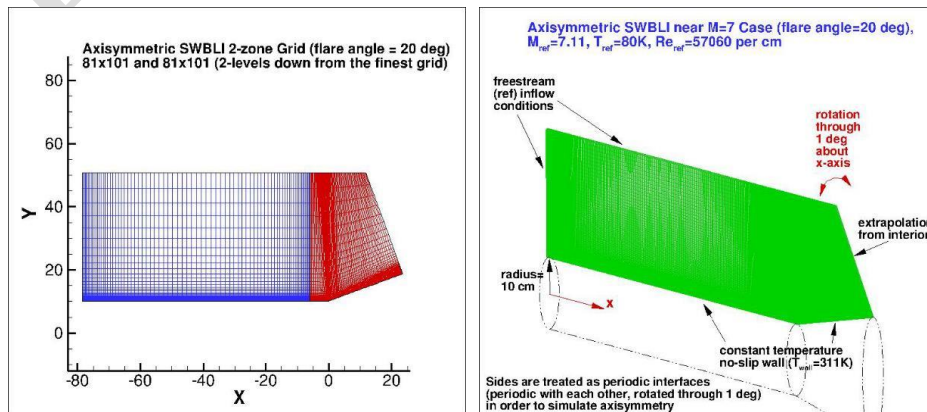


图 1 计算网格

计算网格如图 1 所示。网格中带有周期边界。

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
	nsimutask	1	任务类型
	parafilename	"/bin/grid_para.hypara"	参数文件路径
grid_para.hypara	gridtype	1	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
	from_gtype	2	输入网格数据类型
	from_gfile	"/grid/3D_shock_wave.cgns"	输入网格路径
	out_gfile	"/grid/3D_shock_wave.fts"	输出网格路径
	periodicType	2	周期边界
	translationLength[]	[0.0,0.0,0.0]	平移长度
rotationAngle	1.0	旋转角度	

4.2 网格分区

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
	nsimutask	3	参数类型
	string parafilename =	"./bin/partition.hypara"	相应参数文件路径
partition.hypara	int pgridtype	1	网格类型
	int macproc	4	分区数
	string original_grid_file	"./grid/3D_shock_wave.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"./grid/3D_shock_wave__4.fts"	分区前网格文件路径
	int numberOfMultigrid	1	多重计算分区
	periodicType translationLength[] rotationAngle	2 [0.0,0.0,0.0] 1.0	周期边界 平移长度 旋转角度

4.3 CFD 计算

CFD 计算: `key.hypara + cfd_para_hypersonic.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 4 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行计算

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	3	空间维数
	nsimutask	0	任务类型
	parafilename	"./bin/cfd_para_hypersonic.hypara"	参数文件路径
	maxSimuStep	20000	迭代计算步数
	intervalStepFlow	1000	流场输出间隔
	intervalStepPlot	1000	可视化输出间隔
	intervalStepForce	100	气动力输出间隔

cf_d_para_ subsonic.hypara	intervalStepRes	50	残差输出间隔
	refMachNumber	7.11	来流马赫数
	attackd	0.0	攻角
	angleSlide	0.0	侧滑角
	inflowParaType	0	来流条件
	refReNumber	9.0e6	来流单位雷诺数
	refDimensional Temperature	80	来流温度
	gridScaleFactor	0.01	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	3	NS 方程类型
	viscousName	SA	粘性类型
	roeEntropyFixMethod	2	熵修正
	roeEntropyScale	1.0	(相关参数)
	string str_limiter_name	minvan	限制器
	double MUSCLCoefXk	0.333333	MUSCL 插值
	iunsteady	0	定常计算
CFLend	10.0	终止库朗数	
nLUSGSSweeps	1	LUSGS 扫描步数	
nMGLevel	1	多重网格数	
flowInitStep	100	流场初始化步数	
plotFieldType	0	流场仅输出边界	

	nVisualVariables	8	可视化流场
	visualVariables[]	[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15]	变量输出
	reconmeth	1	通量计算限制器 (相关参数)
	limitVariables	0	
	limitVector	0	
	periodicType	2	周期边界
	translationLength[]	[0.0, 0.0, 0.0]	平移长度
	rotationAngle	1.0	旋转角度

5 计算结果

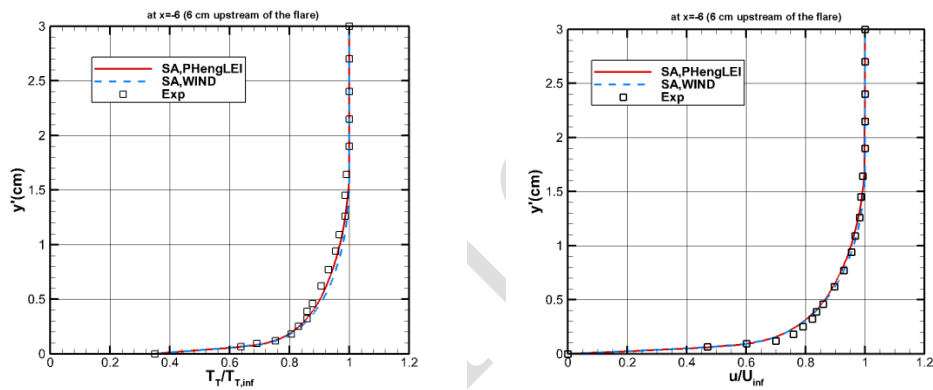


图 2 x=-6 站位附近总温及速度型分布

6 结论

X=-6 站位速度型如图 2 所示，风洞实验的边界层相比计算更饱满，与风洞来流有关，总的说来 PHengLEI 与 WIND 能吻合较好，计算结果基本一致。