

ICEM网格划分及FLUENT设置

王 嫻

2015.10

内 容

1. ICEM网格划分基本步骤

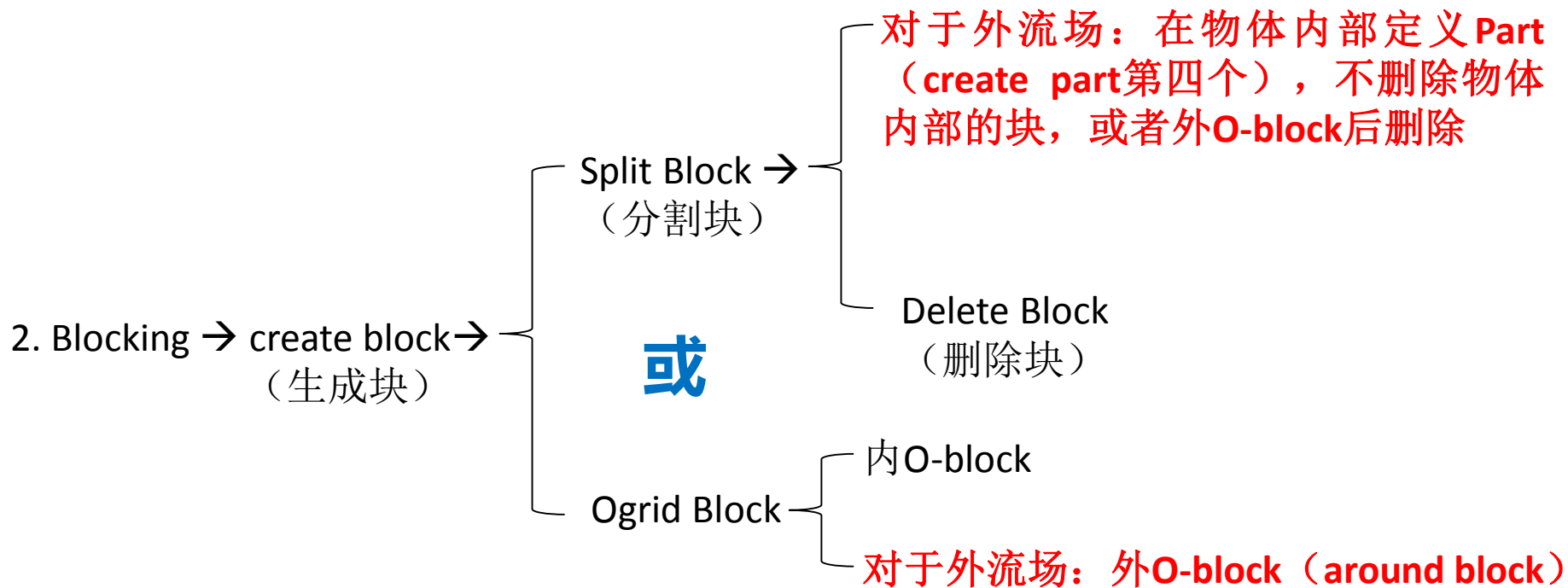
- 例1：偏心圆网格生成
- 例2：圆柱绕流网格生成

2. FLUENT求解器设置

- 例1：偏心园内的自然对流
- 例2：方腔顶盖驱动流
- 例3：U型管内冷热流掺混（湍流）

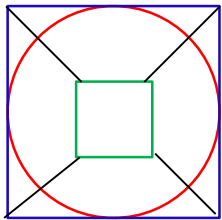
1. 网格划分基本步骤

1. 画几何图生成 .tin 文件（对于外流场还需设定边界：create part）



1. 网格划分基本步骤

3. Associate (关联点、线)



注：内Oblock后，如图。关联时，应关联蓝色的edge与红色的curve，而非绿色的edge.

4. Move Vertex (移动顶点，即拟合)

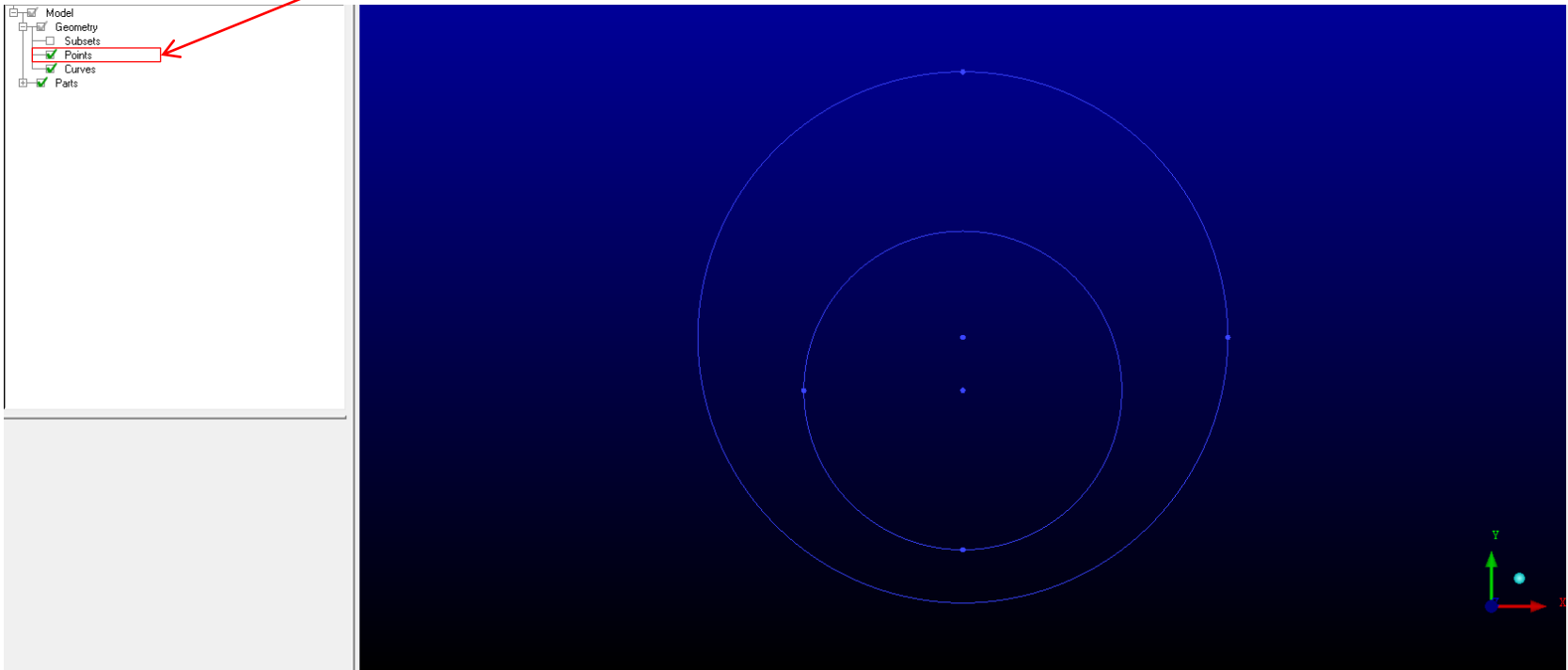
5. Pre-mesh → (生成块) { Edge Params (在各条边上设置网格点参数)
或
Mesh (设定全局网格尺寸)

6. 生成非结构网格并输出

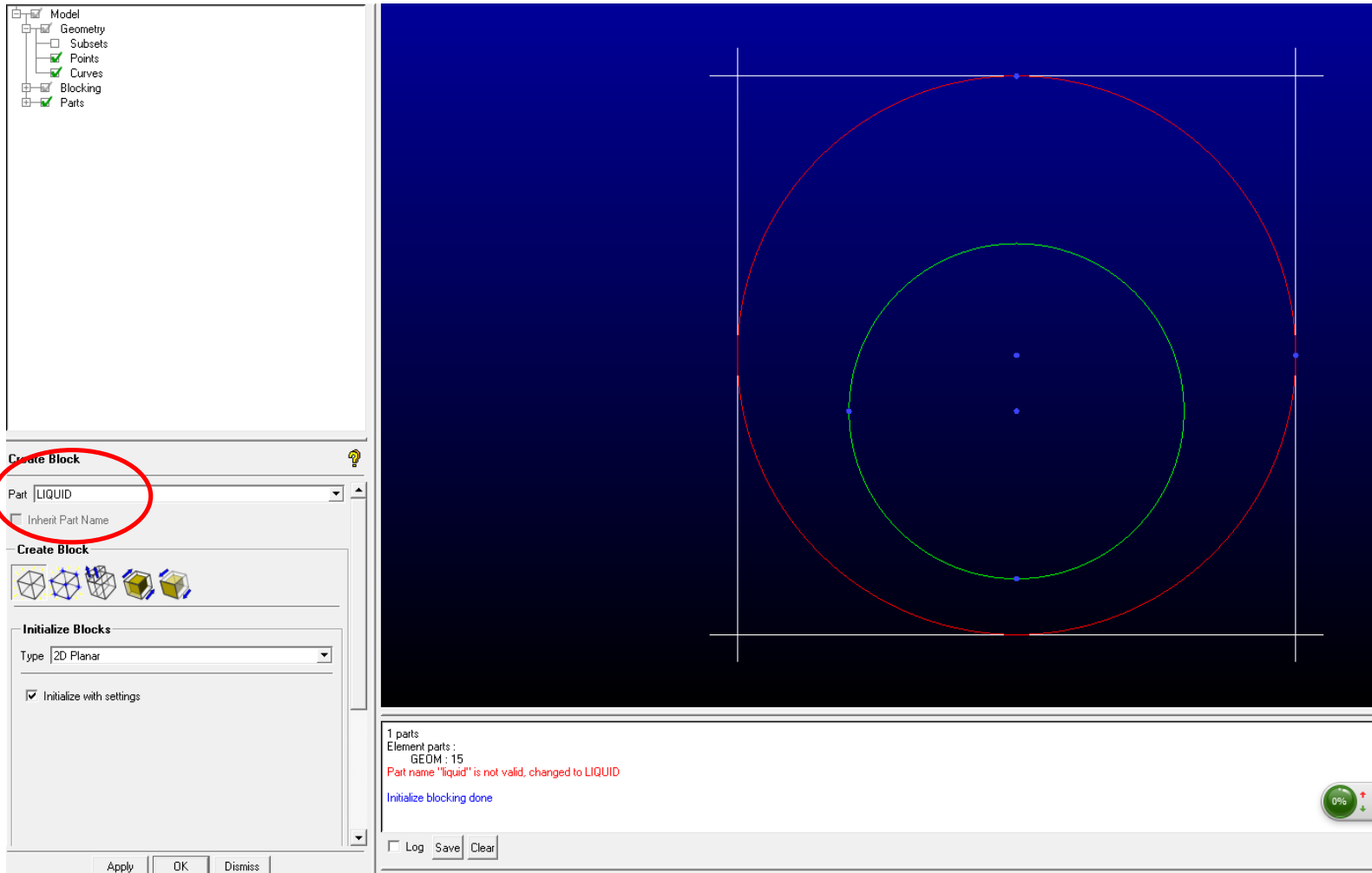
例1：偏心园网格生成

作图，保存geometry， tin文件

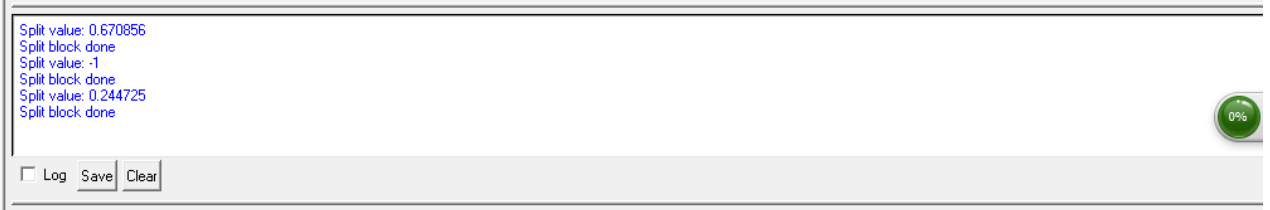
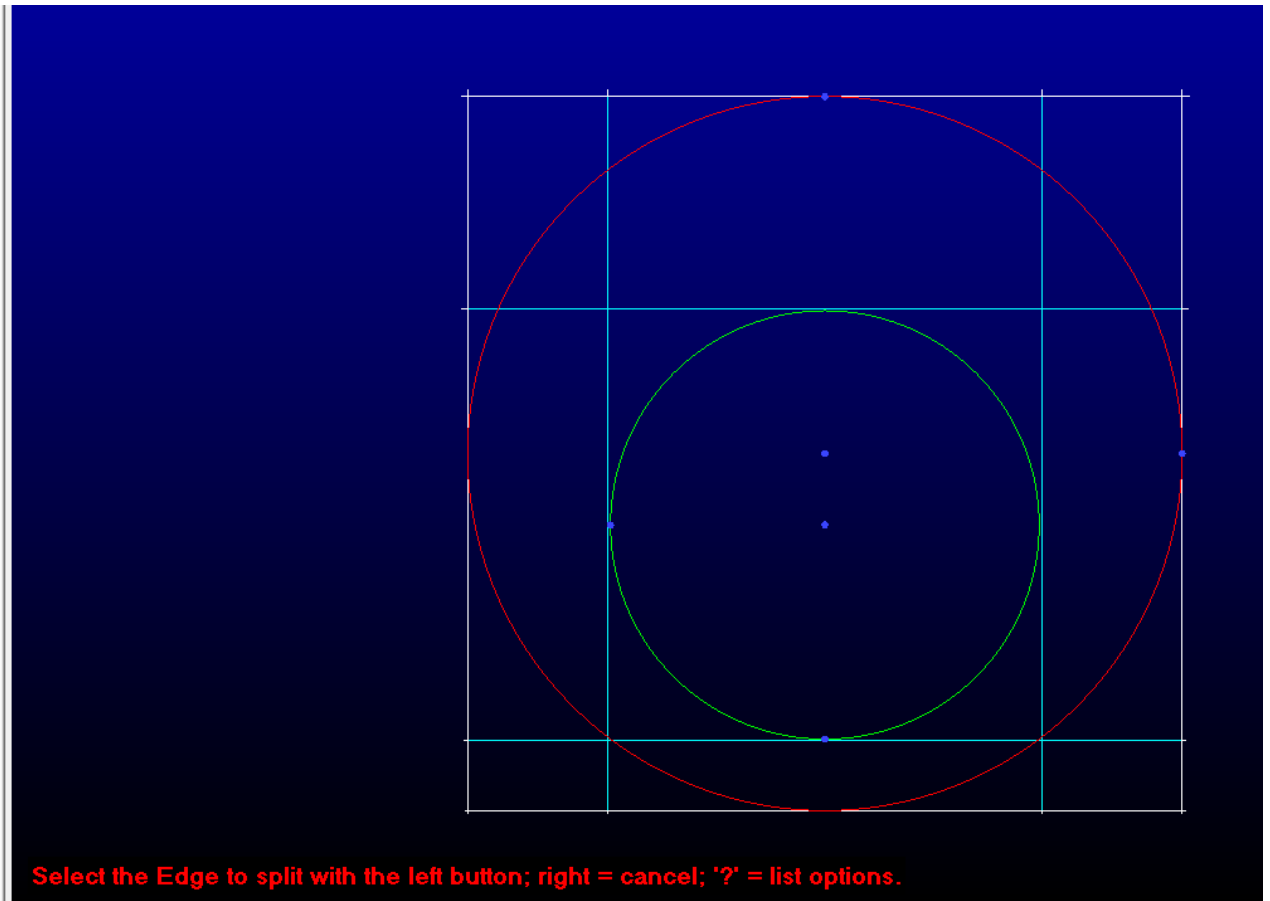
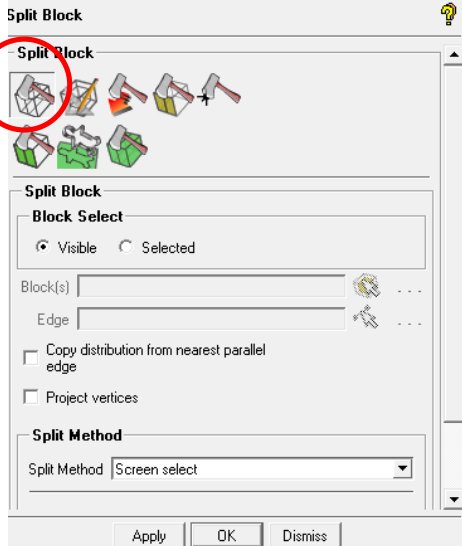
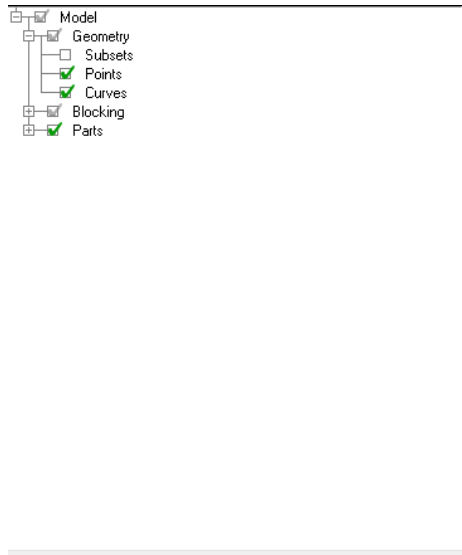
- 注意打开point， 否则生成点后看不到！



生成block, part改为liquid

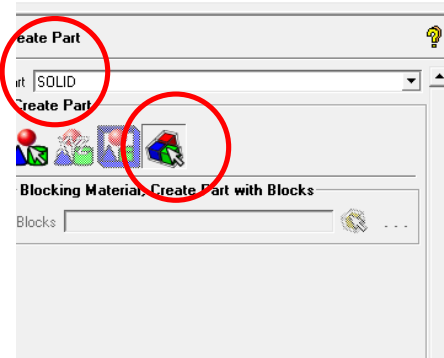
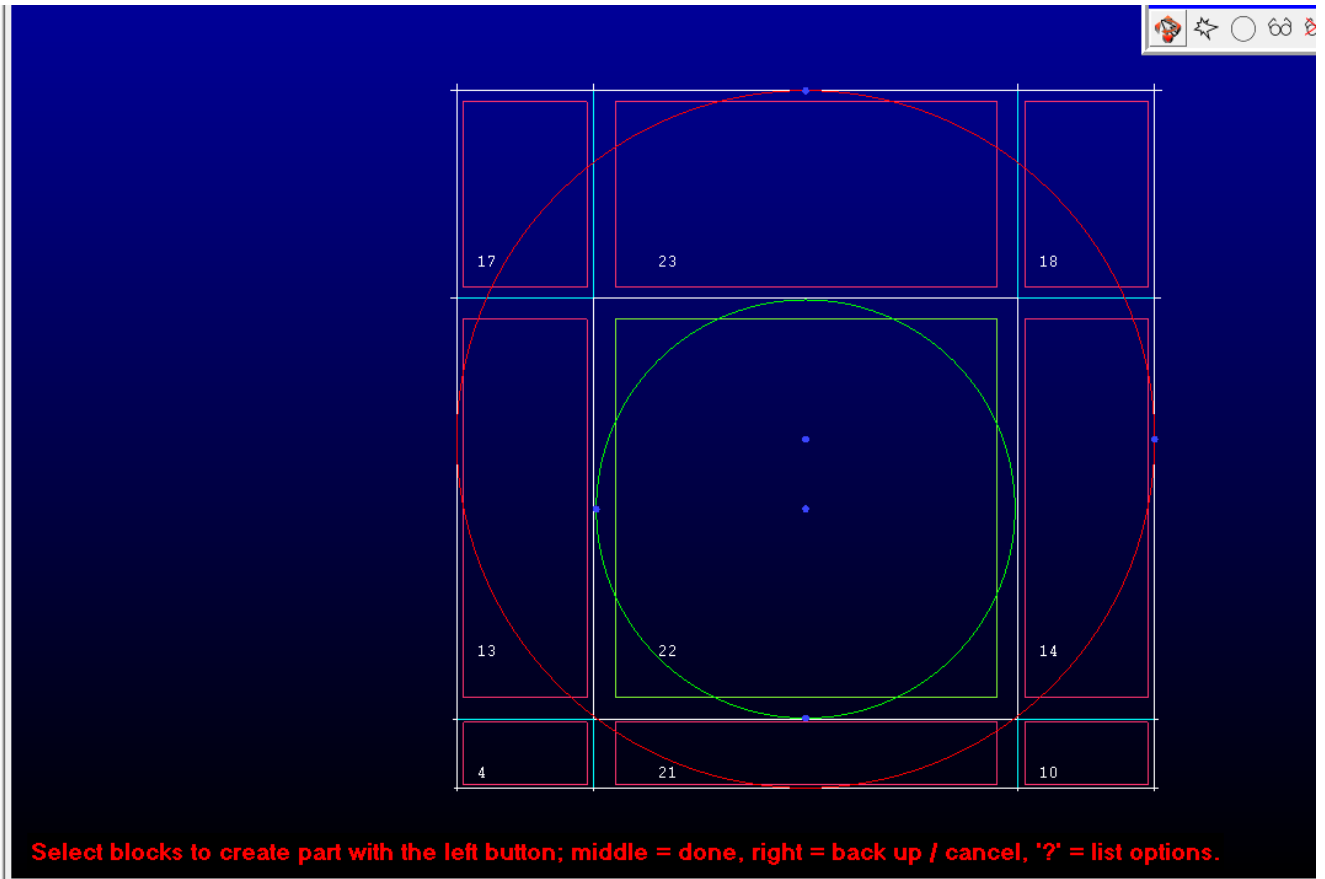


Split block, 切出里面的偏心圆



定义偏心圆为固体（此步可省略）

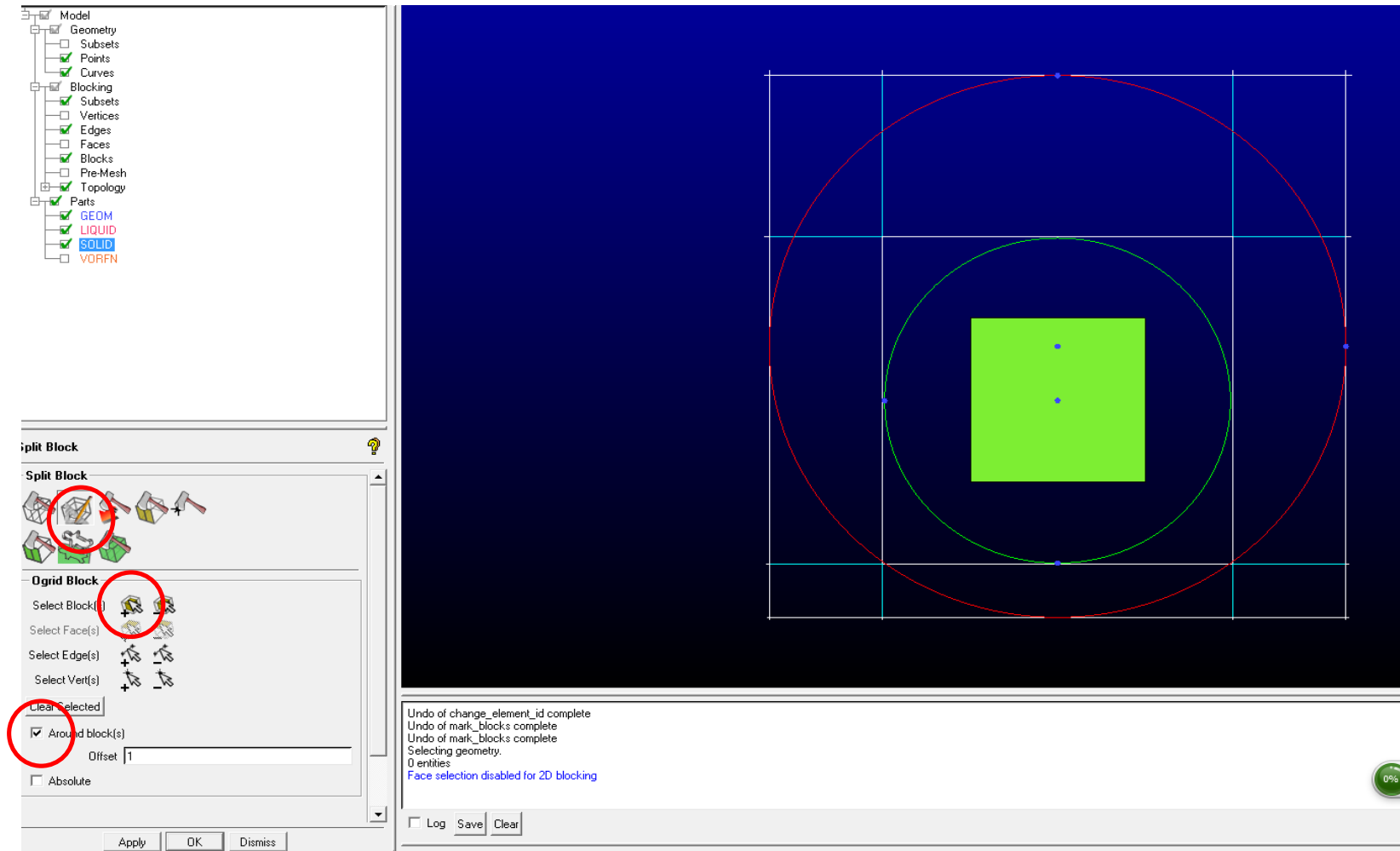
- Part → create part → 改名为solid → 选中偏心圆对应的block，中键确认



Select blocks to create part with the left button; middle = done, right = back up / cancel, '?' = list options.

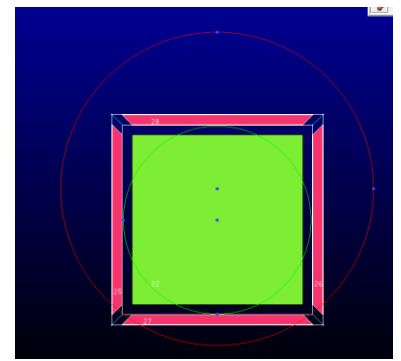
Split Block, O-grid Block

- 外O，选择偏心园对应的块，中键确认，并勾选 around block

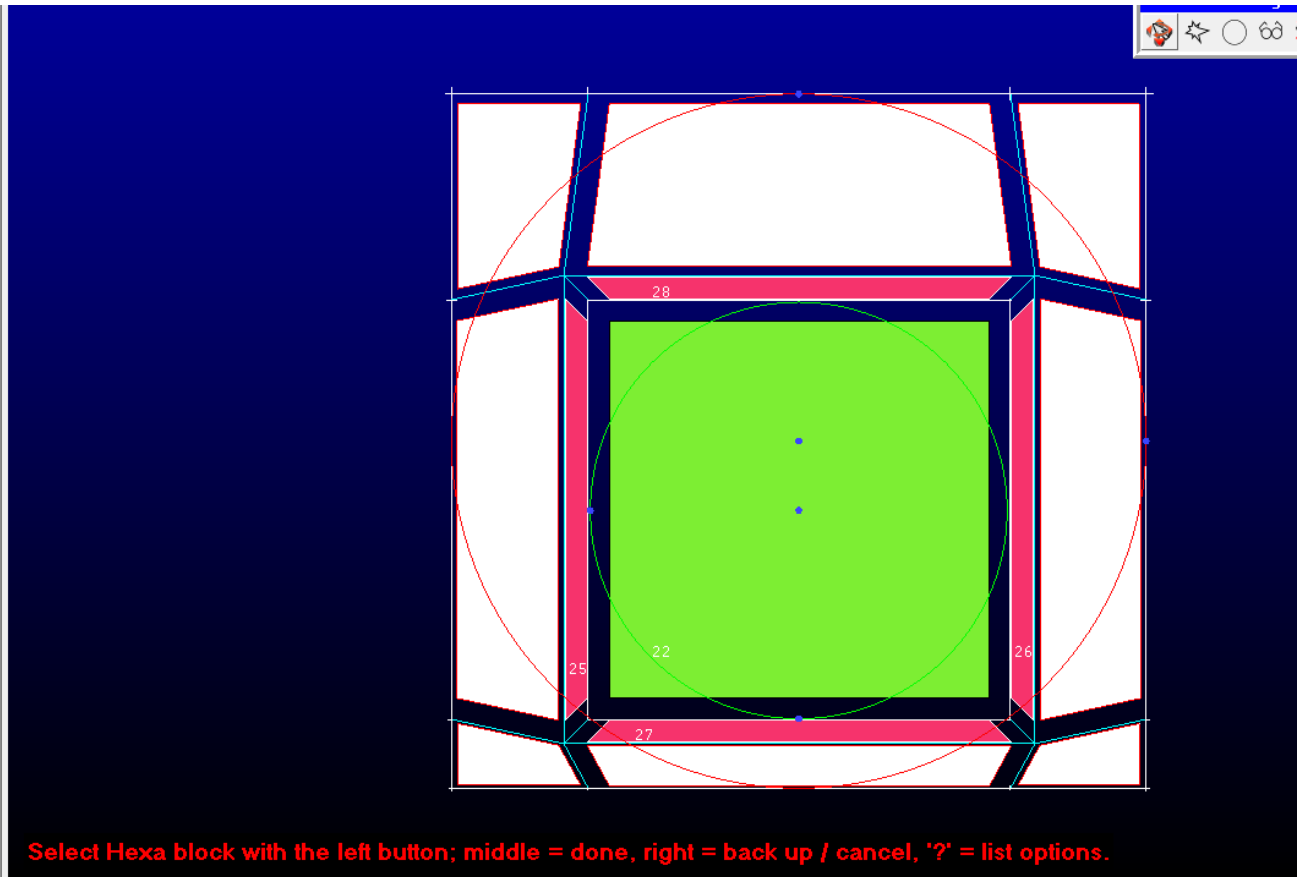
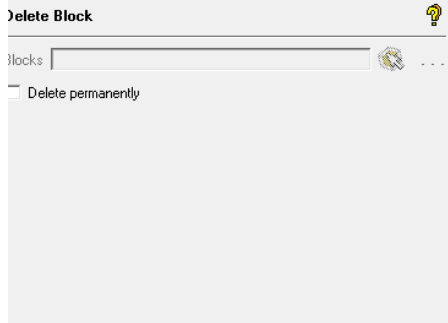
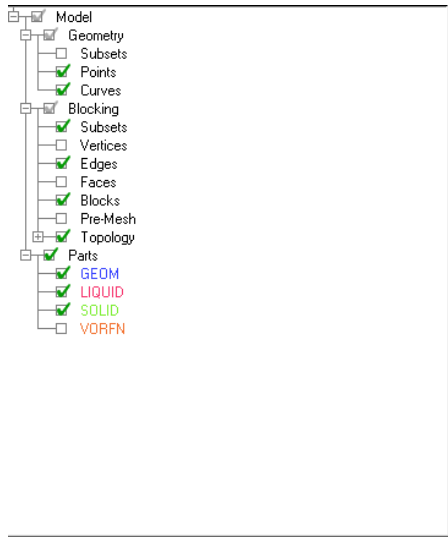


如果偏心圆不定义成固体，省略P5的步骤，将绿色部分BLOCK也删除

打开Block，并显示成solid，
如图，然后选择删除block，
删除一些Block，图中白色的



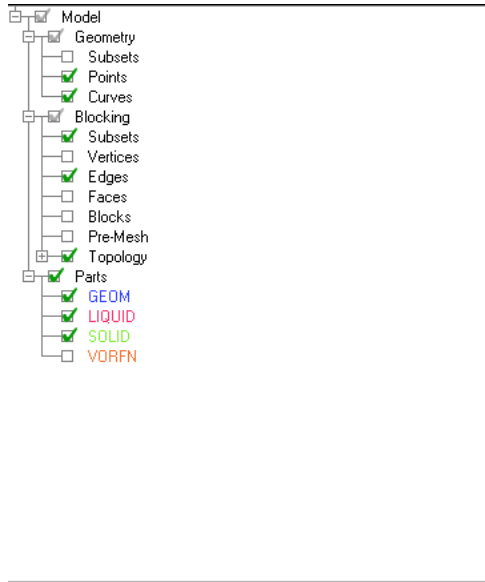
删除后效果



关联线： 里面edge关联偏心圆的curve， 外面edge关联外面大圆的curve

The screenshot displays a CAD software interface with a dark blue background. On the left, a tree view shows the model structure with categories like Geometry, Blocking, and Parts. Below the tree is a 'Blocking Associations' panel with an 'Associate Edge -> Curve' section containing input fields for 'Edge(s)' and 'Curve(s)', and checkboxes for 'Project vertices', 'Project to surface intersection', and 'Project ends to curve intersection'. The main workspace shows a hexagonal structure with two concentric circles. Green arrows point from the inner hexagon's edges to the inner circle's curve, and from the outer hexagon's edges to the outer circle's curve. A red circle is also visible, representing the outer boundary. At the bottom, a red instruction reads: 'Select Hexa edge with the left button; middle = done, right = back up / cancel, '?' = list options.'

移动顶点



Move Vertices



Move Vertex

Method: Single

Vertex: []

Movement Constraints

Fix X

Fix Y

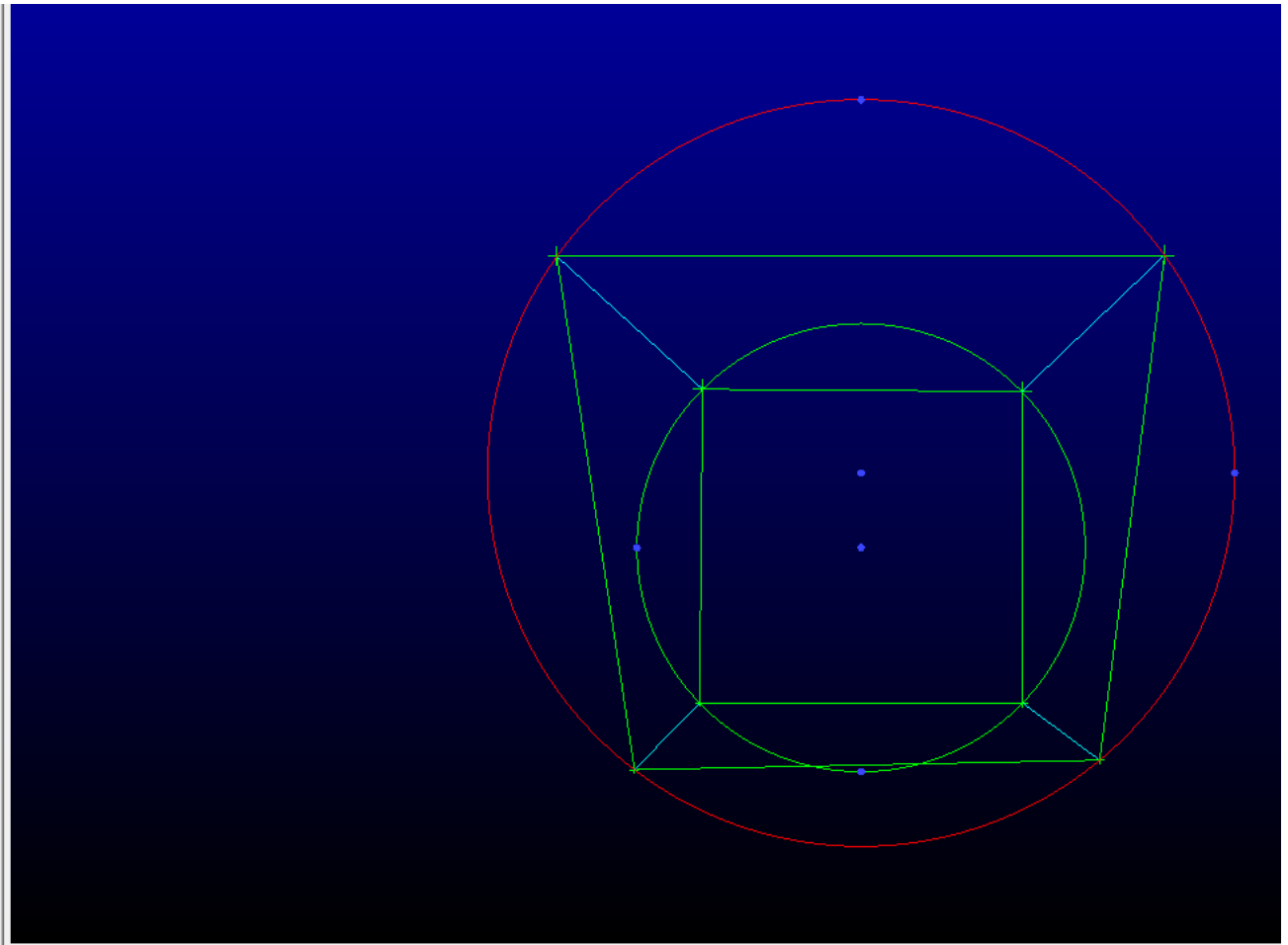
Fix Z

Fix direction

Vector: []

Normal to Surf.

Move dependent



Face selection disabled for 2D blocking
1 new O-grid index defined
Ogrid block done
Block(s): 23 17 13 4 21 10 14 18 moved to VORFN
Done "Edge -> Curve" association
Done "Edge -> Curve" association

Log Save Clear

Apply OK Dismiss

Pre-mesh parameter

The screenshot displays a CAD software interface with a pre-meshing tool. The top toolbar contains various icons, with one icon (a cube with a mesh) circled in red. The left sidebar shows a tree view of the model hierarchy, including 'Model', 'Geometry', 'Blocking', and 'Parts'. The 'Pre-Mesh Params' panel is open, showing 'Meshing Parameters' with several settings: 'Edge' (53 49 -1), 'Length' (0.527951), 'Nodes' (20), 'Mesh law' (BiGeometric), and 'Spacing' (0). The 'Copy Parameters' checkbox is checked, and the 'Copy' method is set to 'To All Parallel Edges'. The main workspace shows a blue background with a red circular boundary and a green square mesh. Red arrows labeled '20' indicate the distance from the vertices of the square to the circular boundary. The bottom status bar shows a progress indicator at 0% and a 'Log Save Clear' button.

Pre-Mesh Params

Meshing Parameters

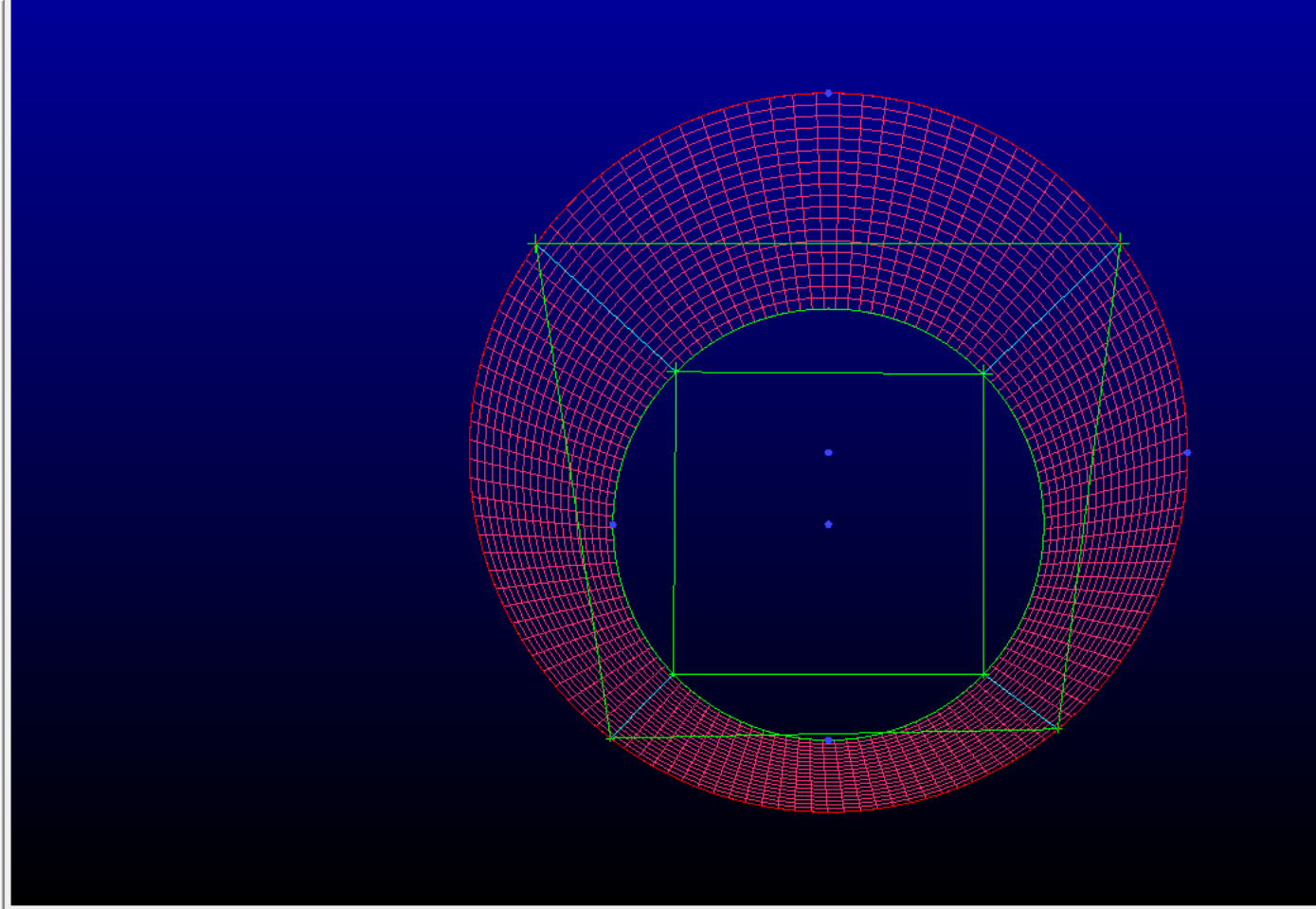
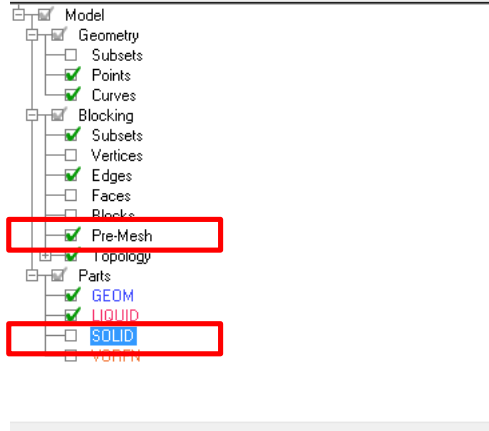
- Edge: 53 49 -1
- Length: 0.527951
- Nodes: 20
- Mesh law: BiGeometric
- Spacing 1: 0 | 0.0277869
- Sp1 Linked: Select | Reverse
- Ratio 1: 2 | 1
- Spacing 2: 0 | 0.0277869
- Sp2 Linked: Select | Reverse
- Ratio 2: 2 | 1
- Max Space: 0 | 0.0277869
- Spacing Relative:
- Nodes Locked:
- Parameters Locked:
- Copy Parameters:
- Copy Method: To All Parallel Edges

1 new 0-grid index defined
Ogrid block done
Block(s): 23 17 13 4 21 10 14 18 moved to VORFN
Done "Edge -> Curve" association
Done "Edge -> Curve" association
No edge selected

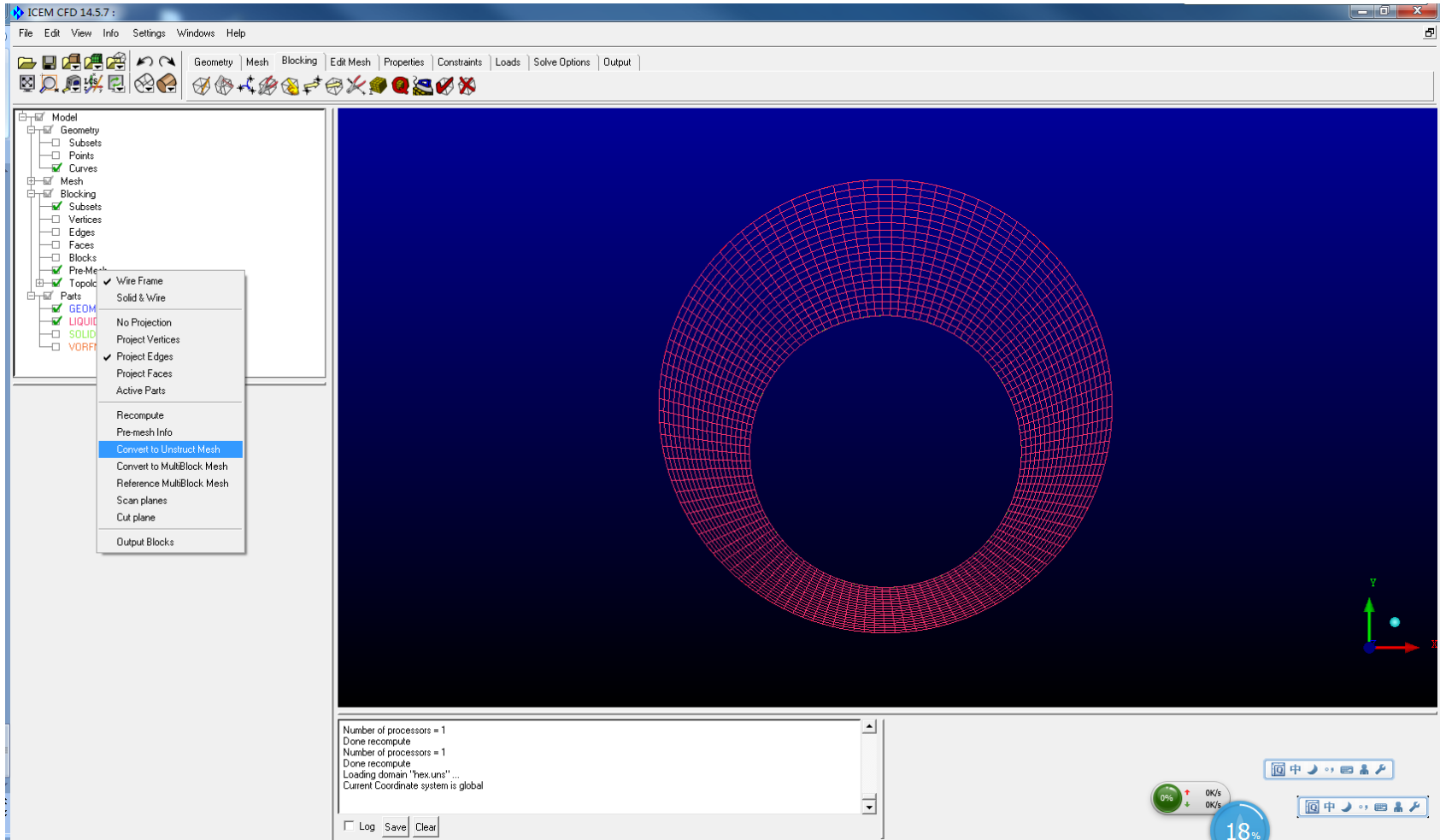
0% 0/1

Log Save Clear

Pre-mesh 打开， 并将part中的solid关闭



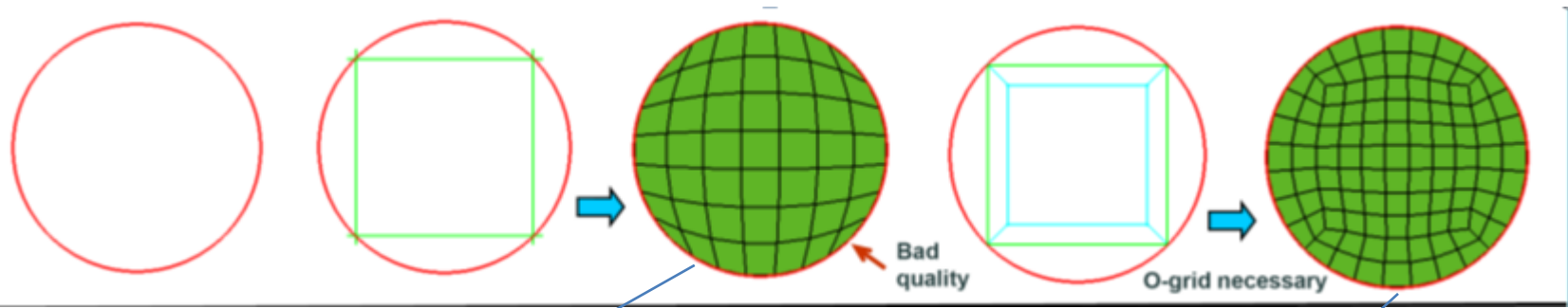
生成非结构化网格



简单画法

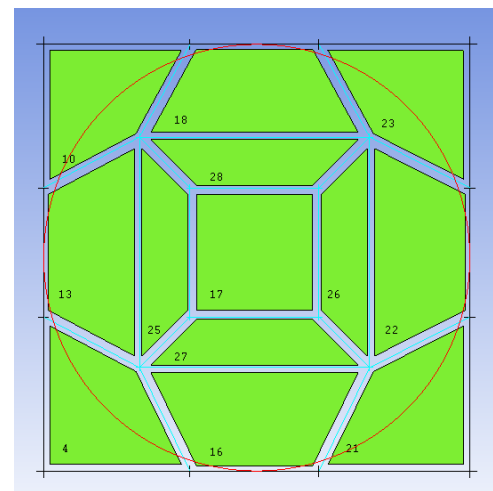
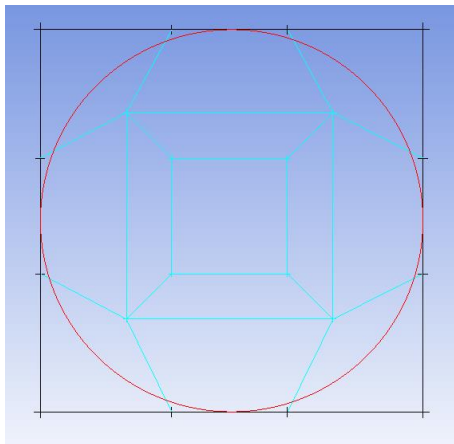
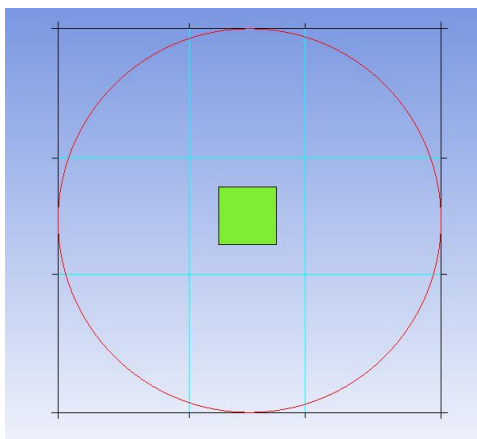
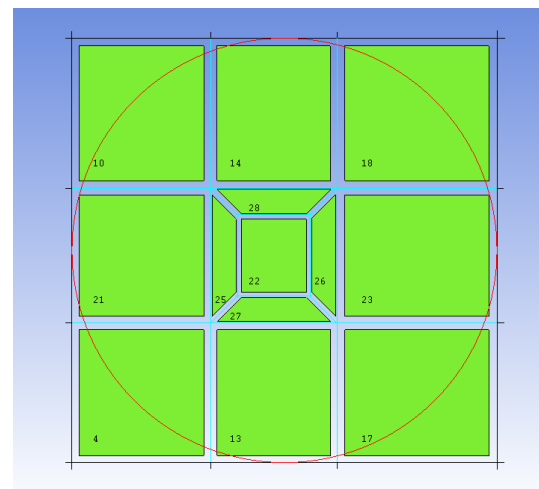
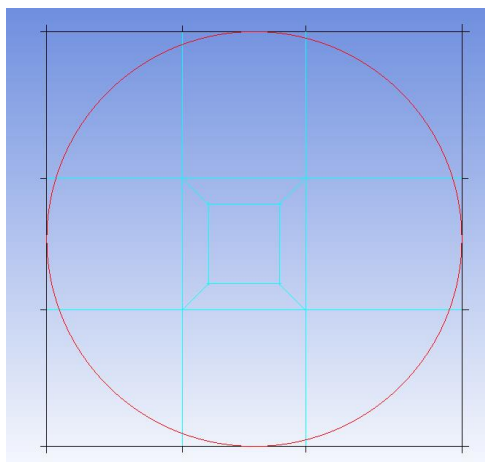
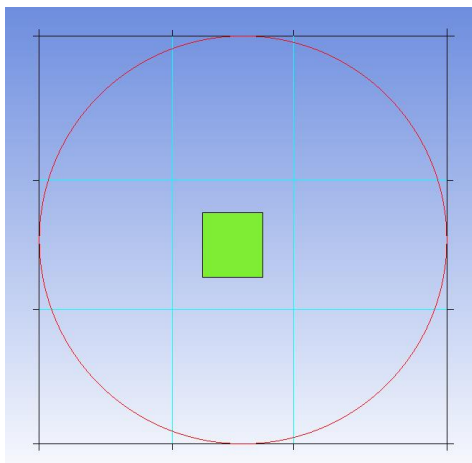
- 从第十页开始，直接O-block（不勾选 around Block）
- 之后，删除中间的block（若定义为固体，则在固体内部也画网格，最后不显示即可）
- 关联
- 移动顶点
- premesh

基本画法，圆与圆环



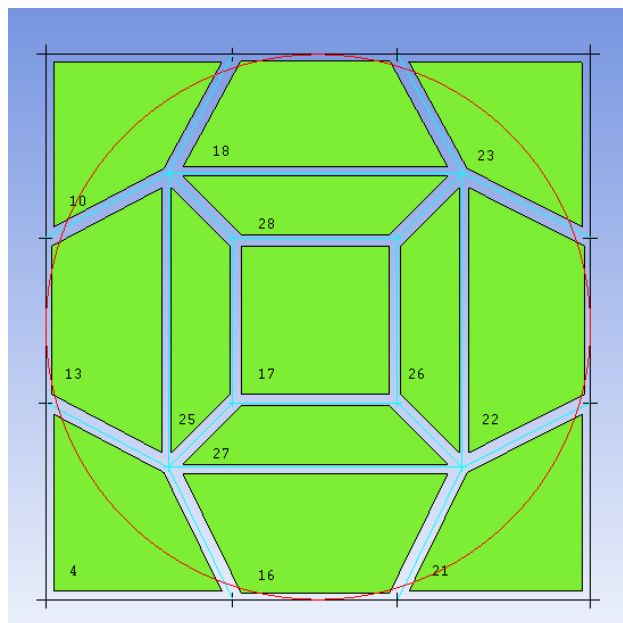
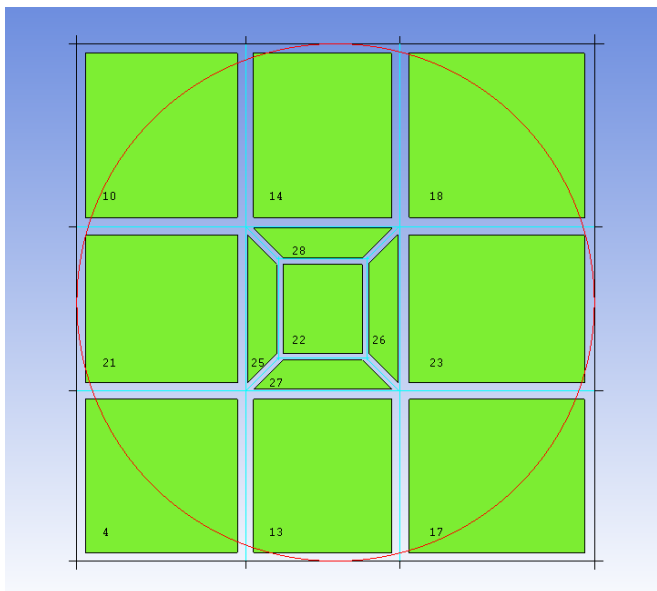
Create block 后，
直接关联，移动
顶点，不使用
split block功能。

Create block 后，使用split block功能，
先split（随意横两下，竖两下。如
果是圆环，split的时候，切出圆环），
再用O-block。（内O，外O均可，区
别见下页）然后再关联，移动顶点



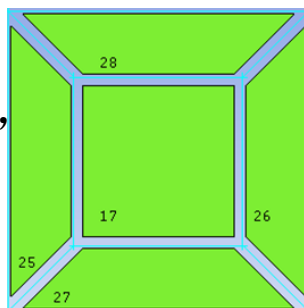
Around
Block

无论内O，外O，均选中中间的Block，之后的样子见上图

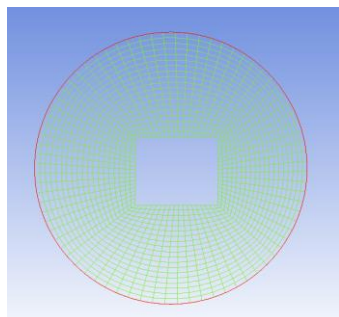


对于圆，删除周边的块，保留中间的形状

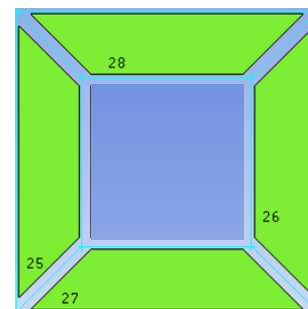
之后，关联外圈的边edges与圆curve，里圈的边不管



对于圆，如果删除了中间块17，则会出现图示情况，错误



对于圆环，删除周边的块，并删除中间的块17或定义为固体，保留中间的形状



之后，分别关联外圈的边edges与外圆curve，里圈的边edges与内圆curve

例2：圆柱绕流网格生成



画几何 (Geometry)

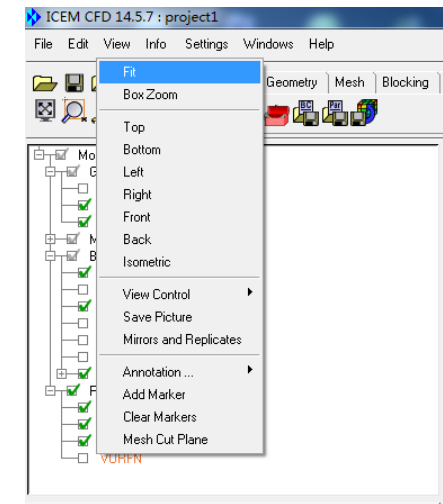
- 生成点 (create point) 

坐标生成: 三个点 (生成圆)
四个点 (生成边界长方形)

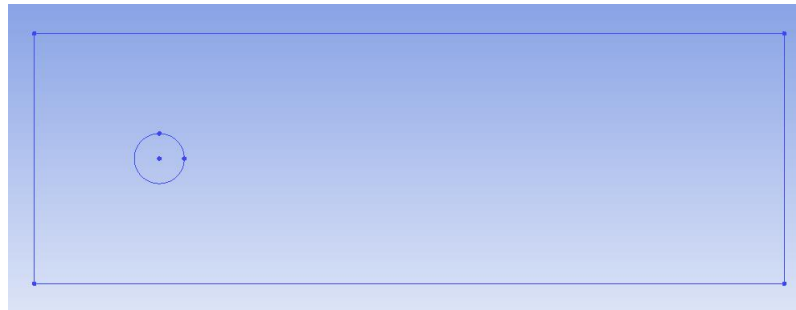
若看不见点, 点击
View → fit
若旋转了, 点击
View → front
(即从前面看的图)

- 生成线 (create point) 

连接: 三个点 (生成圆) 
四个点 (生成边界长方形) 

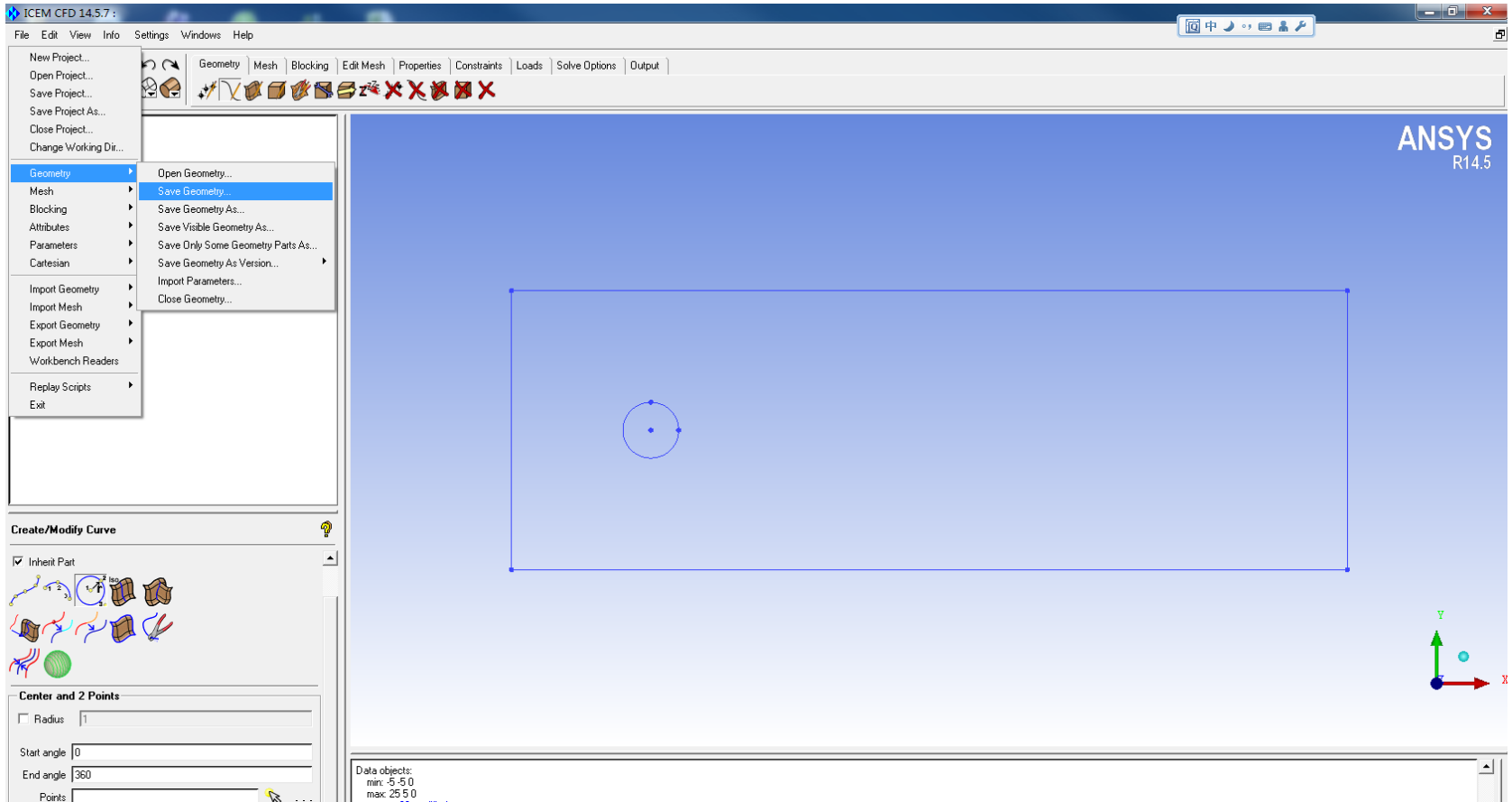


生成后的样子:



中键滑轮滚动: 放大缩小
中间滑轮点住: 移动位置

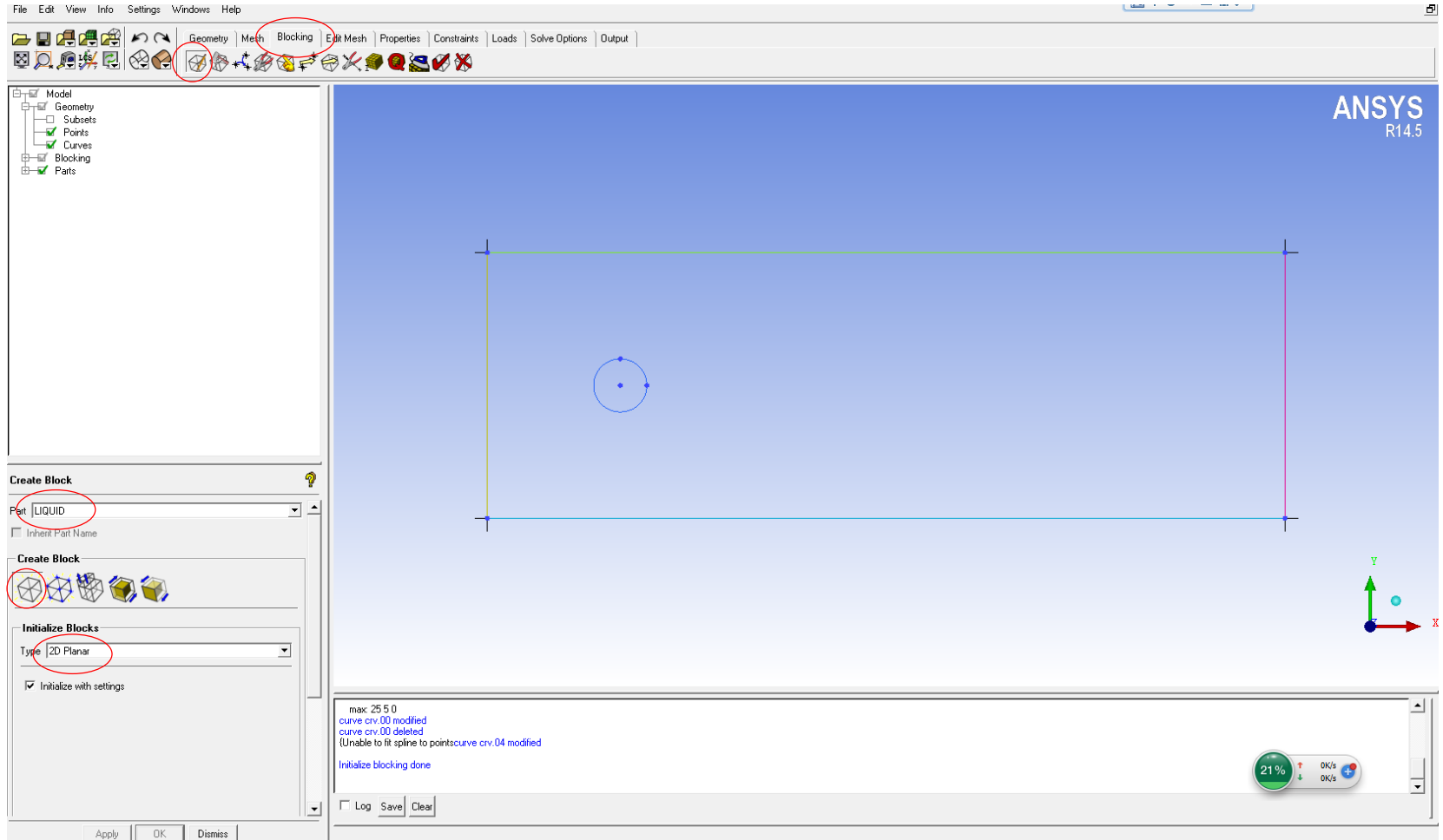
保存几何 (File)



名: cycleflow

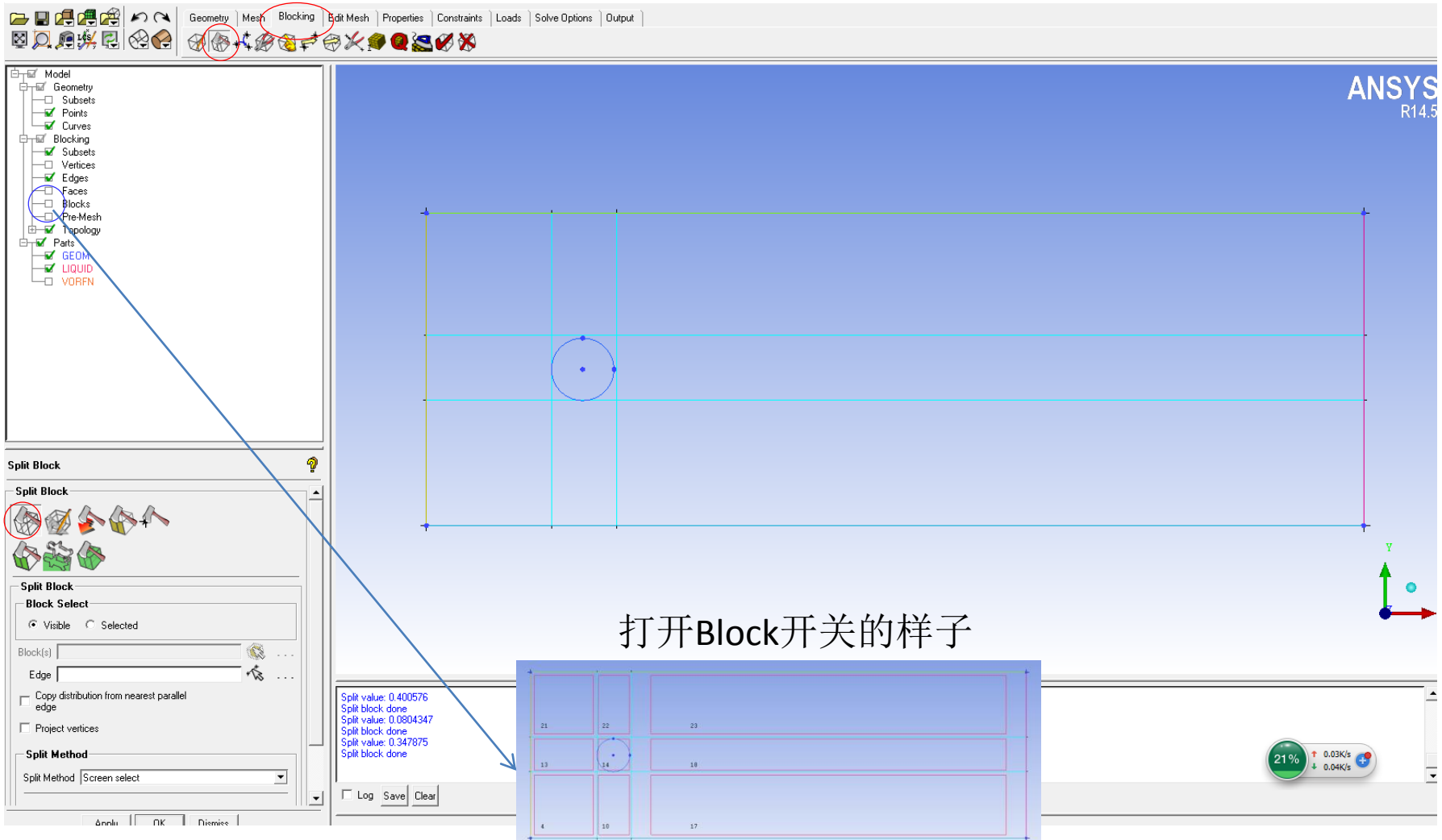
Blocking

- Create Block



Blocking

- Split Block: 切出中间的圆



Blocking

- Split Block: O-grid Block



ANSYS R14.0

选择圆对应的Block14，中键确认后的样子

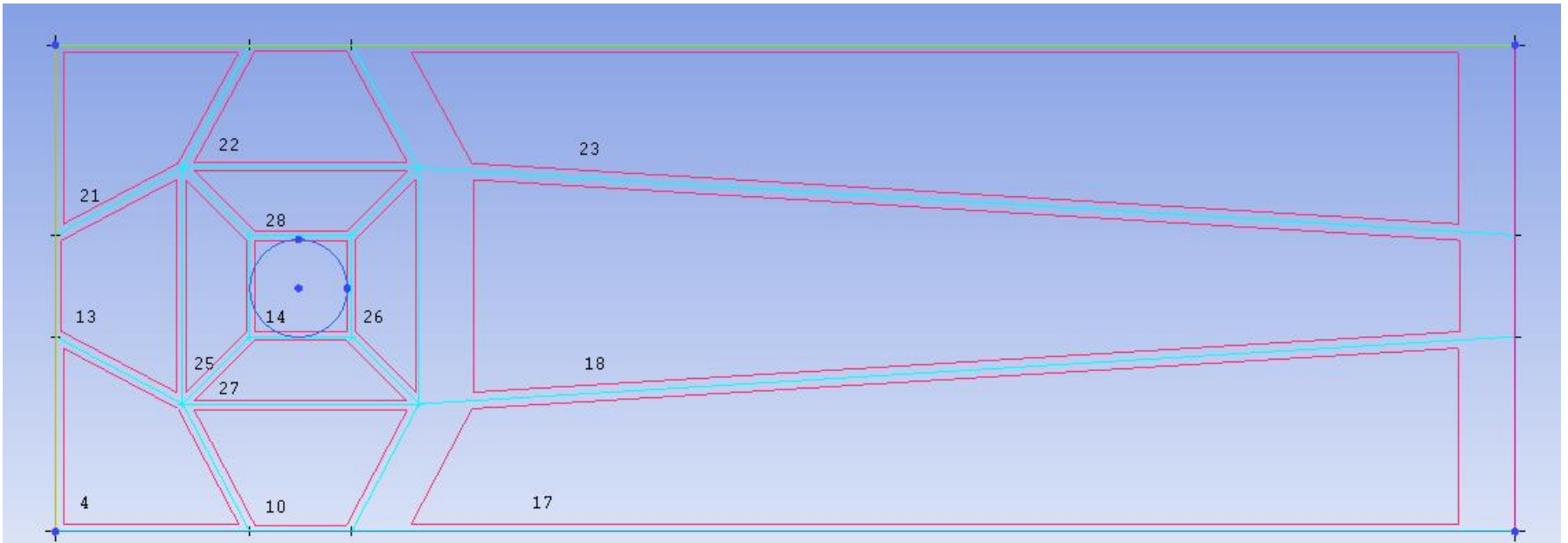
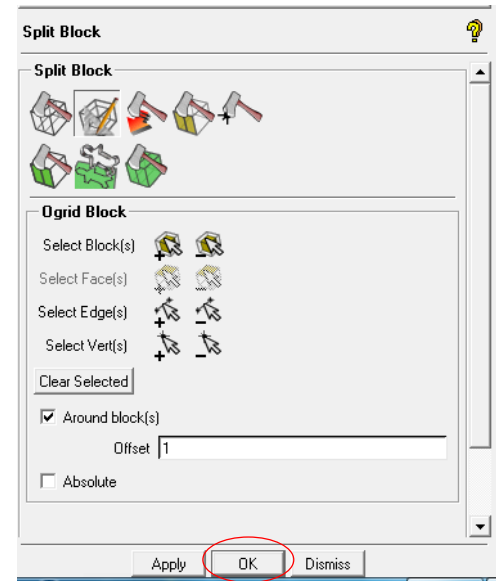
Split value: 0.0804347
Split block done
Split value: 0.347875
Split block done
Face selection disabled for 2D blocking
Face selection disabled for 2D blocking

外O

Blocking

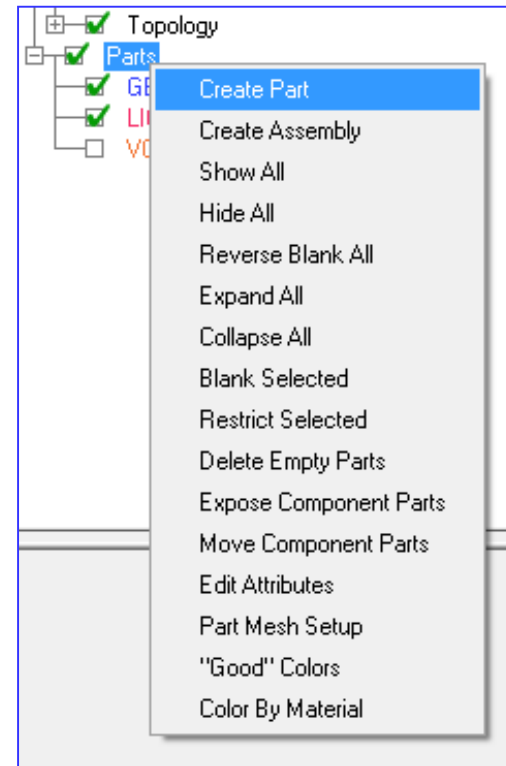
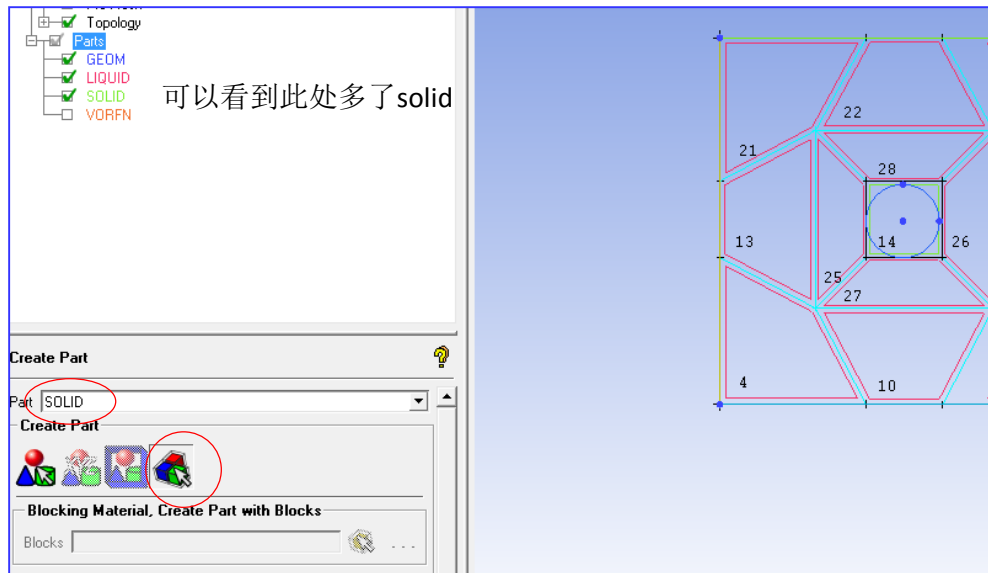
- Split Block: O-grid Block

点击OK之后的样子



将圆对应的Block定义为固体

- Part 右键 create part
- 选择圆对应的Block, 并将名字改为Solid, 中键确认

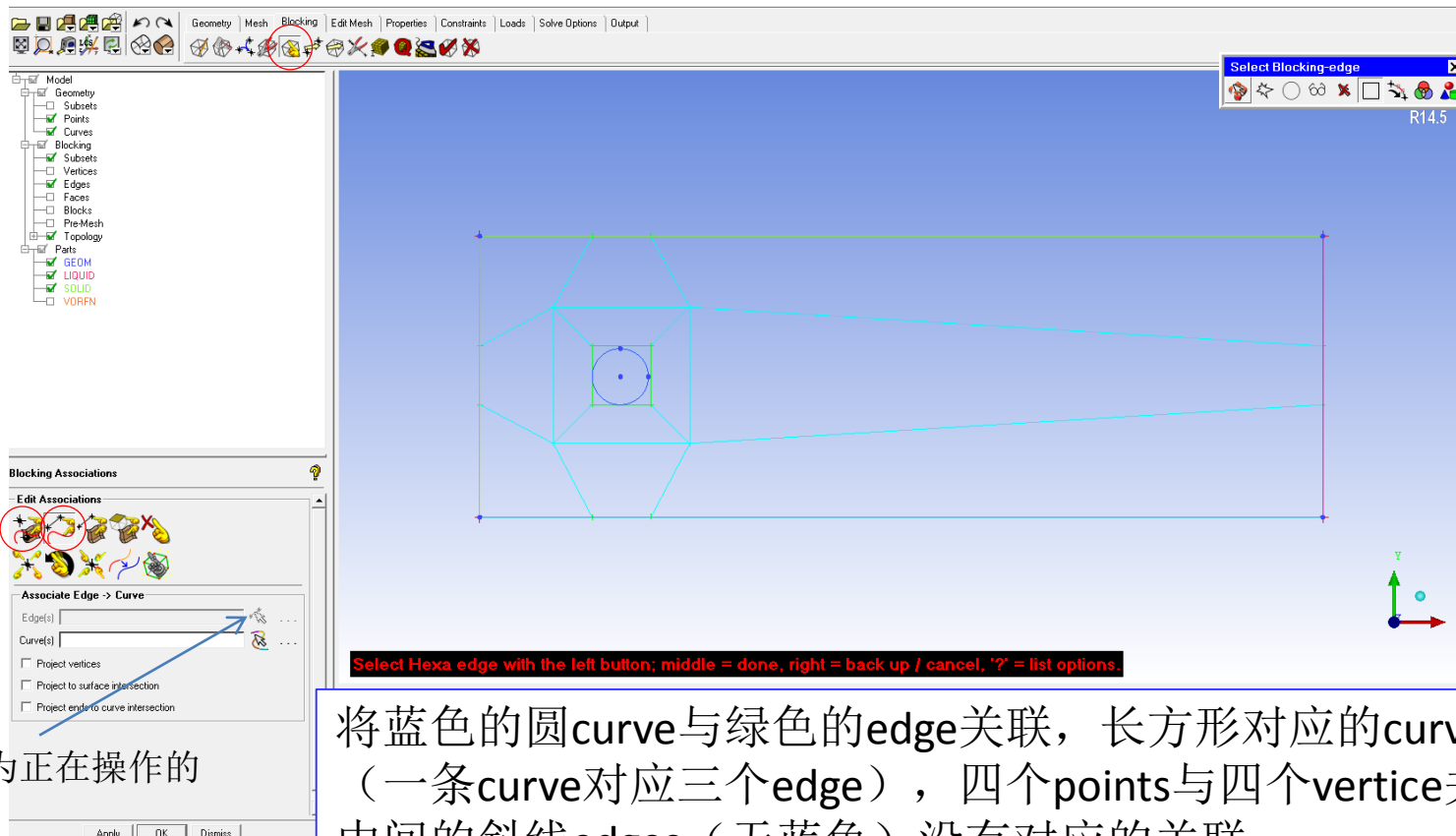


此步骤可省略，若不定义，将该block删除即可。若定义，固体部分亦参与网格划分，之后将solid处不勾选，不显示即可。

Associate (关联)

- 关联points与vertices, Curves与Edges (关掉Blocks)

Points 与 Curves 是Geometry上的点与线, vertices与edges是对应Block上的。
画网格是要在Blocks上画, 然后投影到Geometry上

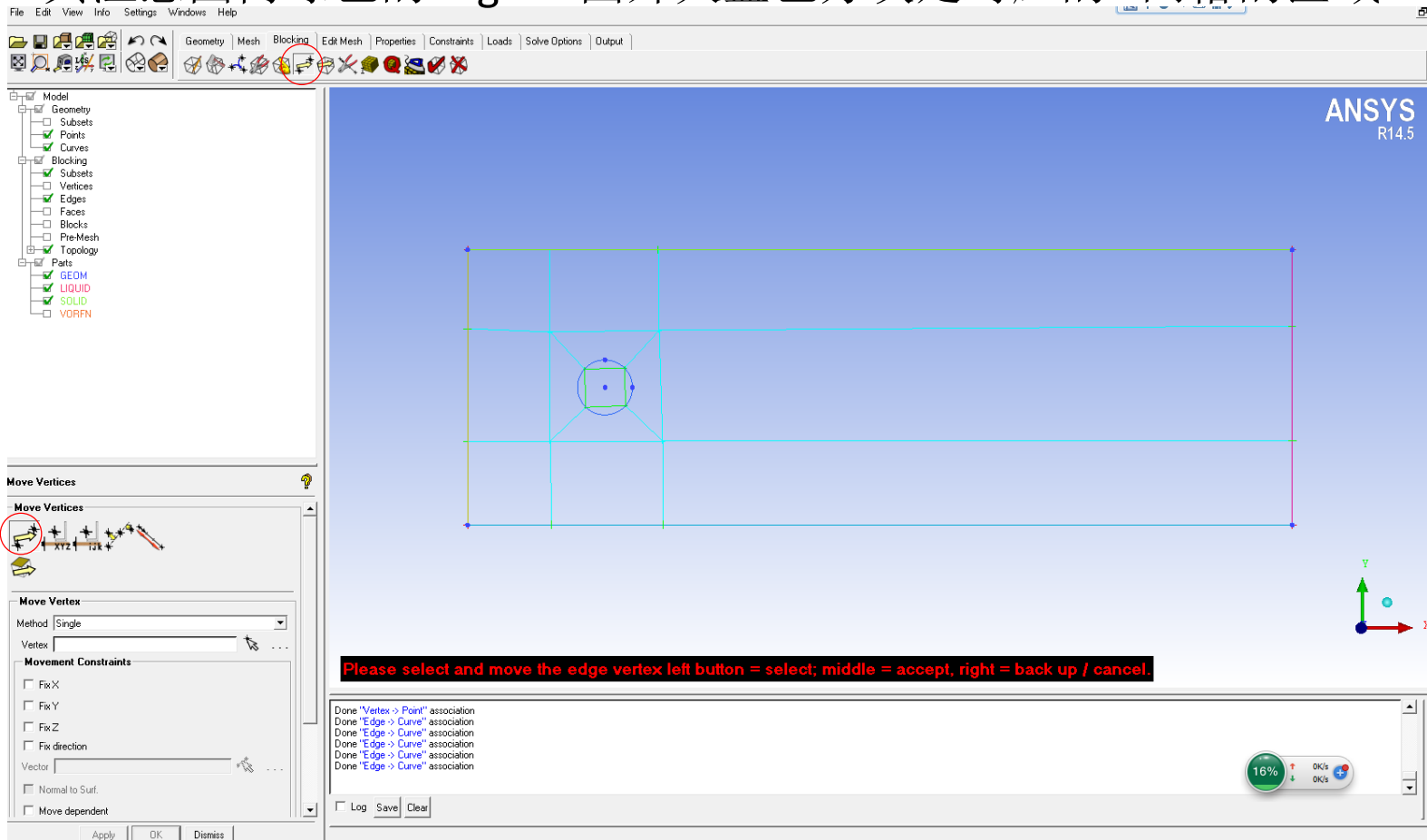


将蓝色的圆curve与绿色的edge关联, 长方形对应的curve与edge (一条curve对应三个edge), 四个points与四个vertices关联。中间的斜线edges (天蓝色) 没有对应的关联。

灰色的为正在操作的

Move Vertiex（移动顶点）

- 将前页绿色方块的顶点vertices移动到蓝色圆上，并调整其他顶点vertices位置，中键确认，如下图。对比前页移动顶点前的样子，尤其注意圆内绿色的edges。圆外天蓝色方块是对应的O网格的区域。



Pre-mesh Params (网格预划分)

ANSYS R14.5

Model

- Geometry
 - Subsets
 - Points
 - Curves
- Blocking
 - Subsets
 - Vertices
 - Edges
 - Faces
 - Blocks
- Pre-Mesh
- Topology
- Parts
 - GEDM
 - LIQUID
 - SOLID
 - VORFN

Pre-Mesh Params

Meshing Parameters

Edge 53 48 -1

Length 1.83676

Nodes 20

Mesh law BicoMetric

Spacing 1 0 0.0966717

Sp1 Linked Select Reverse

Ratio 1 2 1

Spacing 2 0 0.0966717

Sp2 Linked Select Reverse

Ratio 2 2 1

Max Space 0 0.0966717

Spacing Relative

Nodes Locked

Parameters Locked

Copy Parameters

Copy

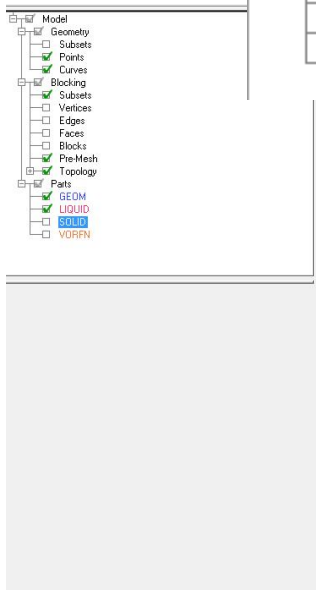
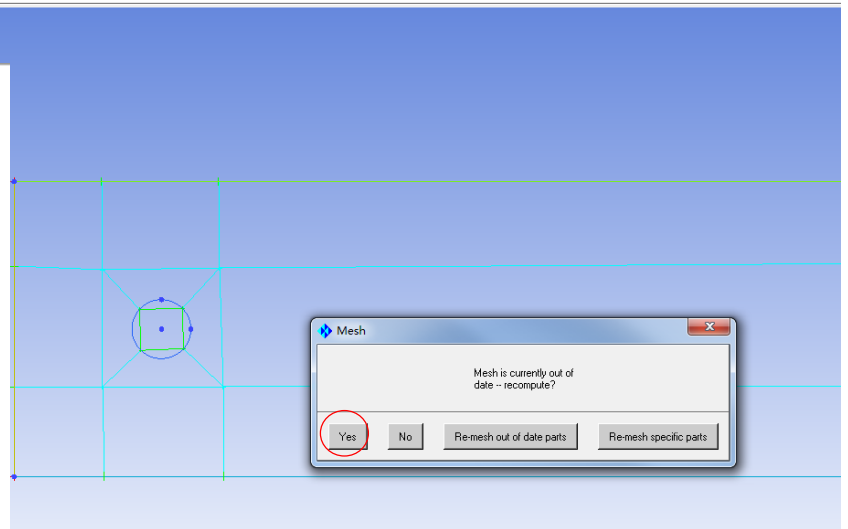
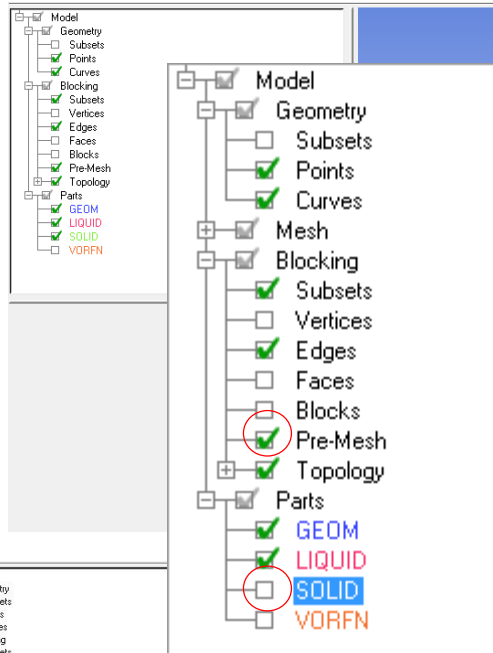
Method To All Parallel Edges

Apply OK Dismiss

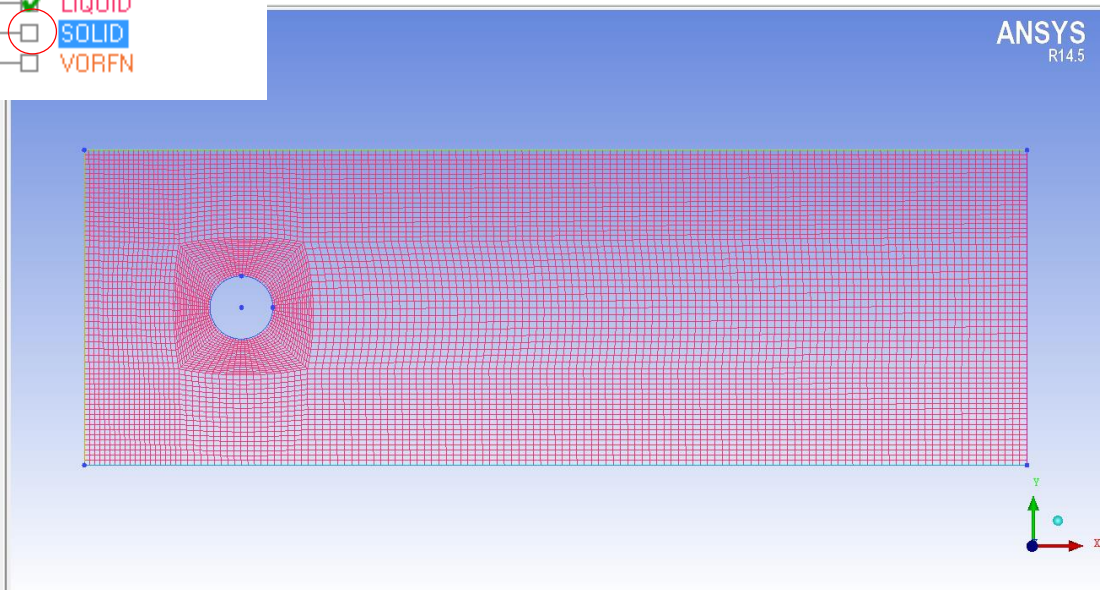
打开copy parameter (将节点数copy至对应的边)
依次选择每条edge, 输入该edge上的节点数

Pre-mesh Params (网格预划分)

- 打开Pre-mesh按钮
- 关闭SOLID 按钮
- 点击yes



点击yes后的样子



Pre-mesh Params（网格预划分）

- 如果对网格划分不满意，关闭Premesh，重新从移动顶点（第10页）的步骤开始，重新移动顶点，调整O网格区域，重新划分。
- 调整后，再打开Pre-mesh按钮。

网格质量检查



The screenshot displays the ANSYS R14.5 mesh quality check interface. The main window shows a 3D mesh of a rectangular plate with a circular hole. The mesh is colored in shades of green, indicating the quality of the elements. A status bar at the bottom right shows a green circle with '17%' and 'OK/s' indicators. The left sidebar contains a tree view of the model and a 'Pre-Mesh Quality' panel with various options and a histogram. The histogram shows the distribution of mesh quality elements, with a peak at 1.0 (Max) and a minimum at 0.282 (Min). A text box in the bottom left corner contains the Chinese characters '选默认' (Select Default).

ANSYS R14.5

Model

- Geometry
 - Subsets
 - Points
 - Curves
- Mesh
 - Blocking
 - Subsets
 - Vertices
 - Edges
 - Faces
 - Blocks
 - Pre-Mesh
 - Topology
 - Parts
 - GEOM
 - LIQUID
 - SOLID
 - VORFN

Pre-Mesh Quality

Criterion: Determinant 3x3x3

Min overview

Histogram Options

Min-X value: 0

Max-X value: 1

Max-Y height: 0

Num. of bars: 20

Only visible index range

Active parts only

0.7 -> 0.75 : 11 (0.113%)

0.75 -> 0.8 : 16 (0.173%)

0.8 -> 0.85 : 20 (0.216%)

0.85 -> 0.9 : 165 (1.783%)

0.9 -> 0.95 : 1245 (13.495%)

0.95 -> 1 : 7783 (84.113%)

Log Save Clear

17% OK/s OK/s

Determinant 3x3x3

Min: 0.282

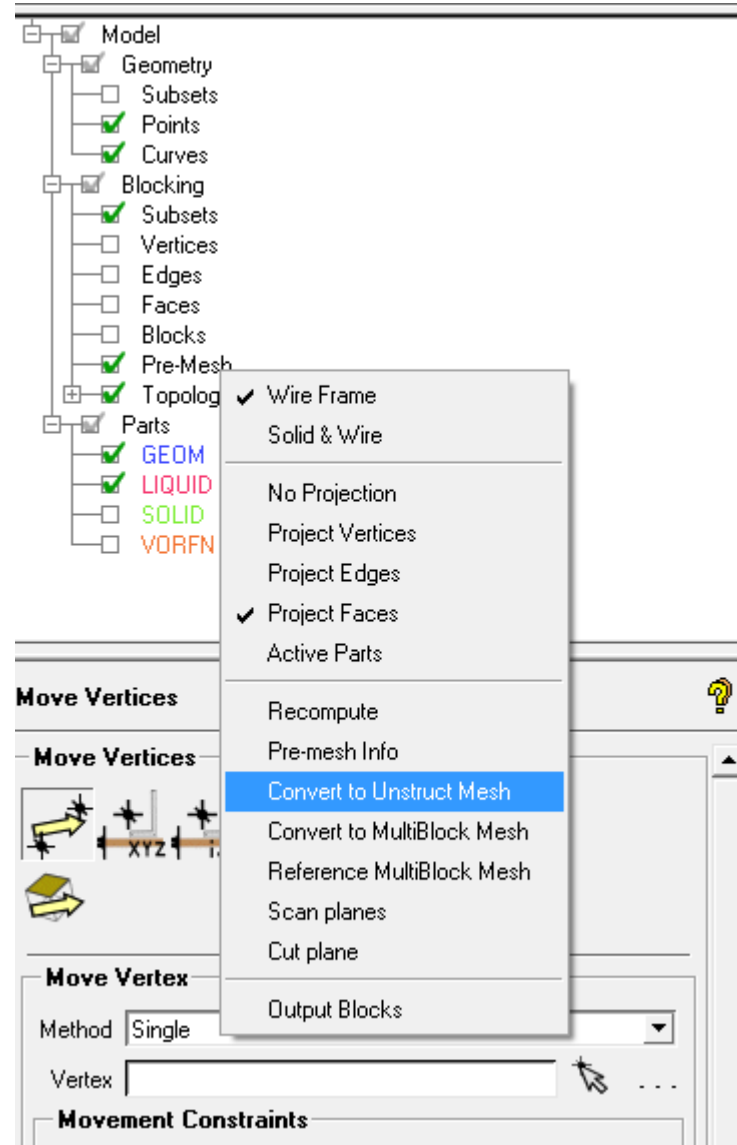
Max: 1

选默认

绿色的越靠右越好，网格质量越高

生成非结构网格

确定网格没问题后，在Pre-Mesh
上点右键，选择 Convert to
Unstruct Mesh

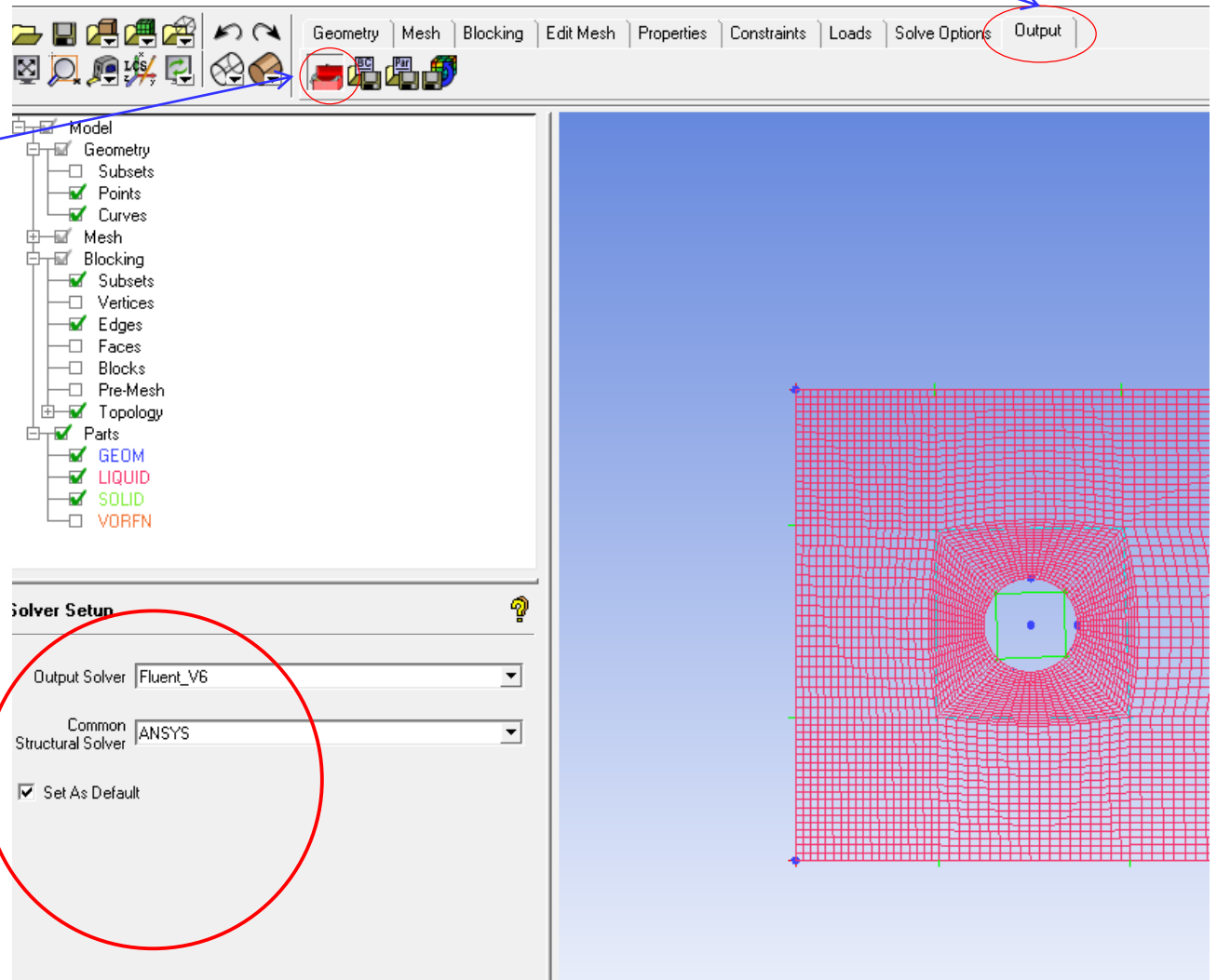


网格输出 (Output)

选择求解器

Fluent_V6

ANSYS



网格输出 (Output)

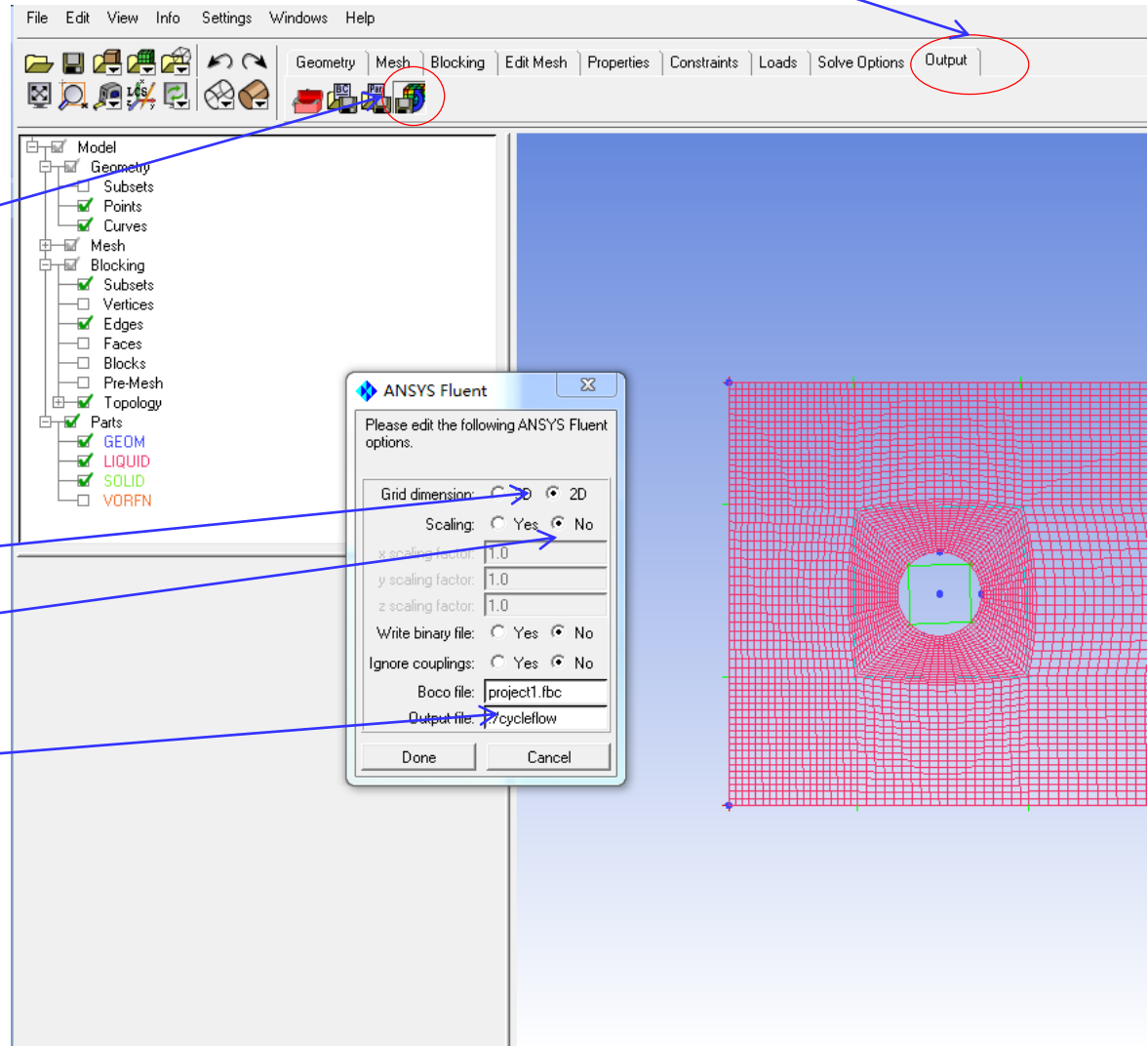
输出fluent的mesh文件

中间两个为边界条件
设置按钮，不用。一
般在FLUENT中设置。

选择2D

no scaling

输出文件名: cycleflow



三个重要文件

几何文件cycleflow.tin

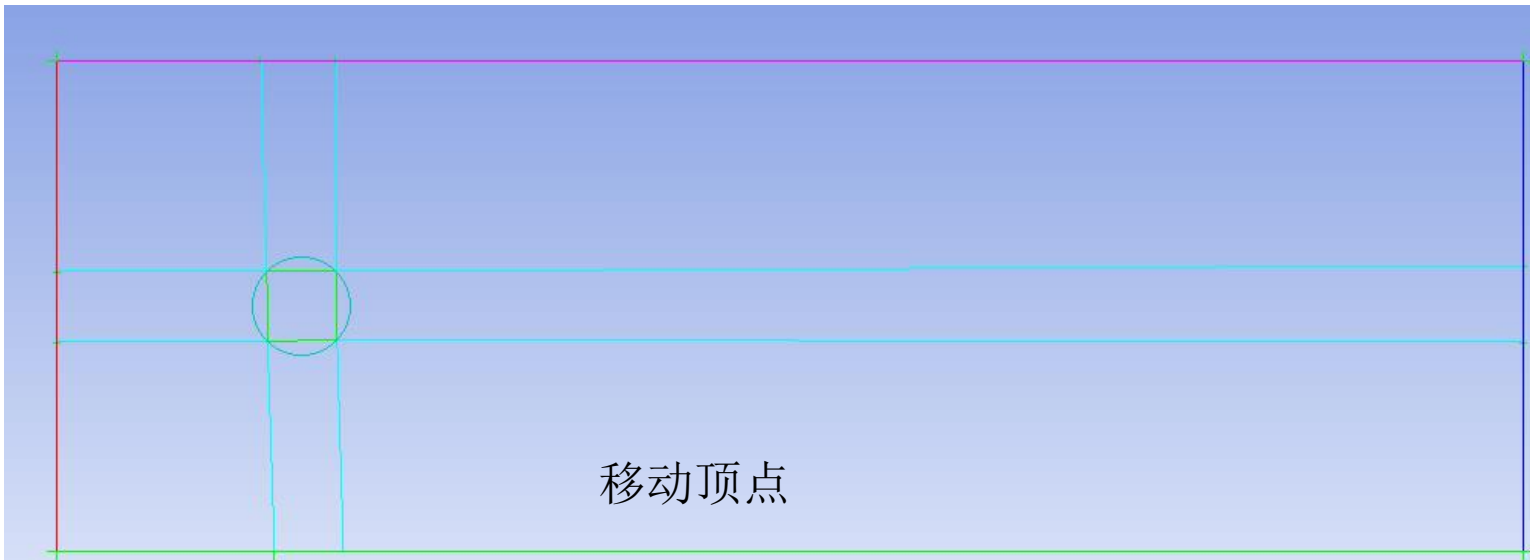
Fluent读入网格文件cycleflow.msh

名称	修改日期	类型	大小
cycle	2015/4/23 16:35	ANSYS v145 .tin File	2 KB
cycle-double	2014/4/14 10:45	ANSYS v145 .tin File	2 KB
cycleflow.msh	2015/4/24 14:50	MSH 文件	562 KB
cycleflow	2015/4/24 14:54	ANSYS v145 .tin File	2 KB
family_boco.fbc	2015/4/24 14:13	FBC 文件	1 KB
hex	2015/4/24 14:13	ANSYS v145 .uns File	502 KB
project1.atr	2015/4/24 14:54	ATR 文件	2 KB
project1	2015/4/24 14:54	ANSYS v145 .blk File	7 KB
project1.blk0	2015/4/24 14:01	BLK0 文件	6 KB
project1.blk1	2015/4/24 14:16	BLK1 文件	7 KB
project1.blk2	2015/4/24 14:16	BLK2 文件	7 KB
project1.blk3	2015/4/24 14:49	BLK3 文件	7 KB
project1.fbc	2015/4/24 14:54	FBC 文件	1 KB
project1.fbc_old	2015/4/24 14:54	FBC_OLD 文件	1 KB
project1	2015/4/24 14:54	ANSYS v145 .prj File	17 KB
project1	2015/4/24 14:54	ANSYS v145 .uns File	502 KB
project1.uns.bak	2015/4/24 14:49	BAK 文件	502 KB
square	2015/4/22 9:22	ANSYS v145 .tin File	2 KB

工作文件: project1.prj

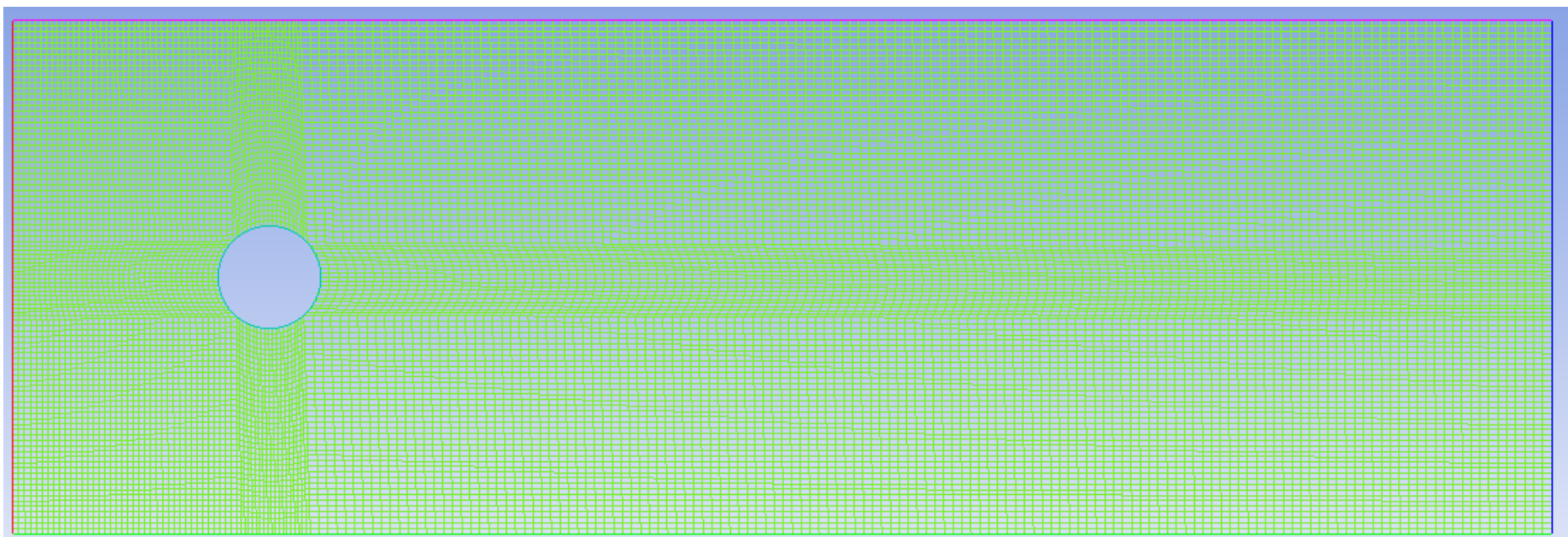


不用O-block, split block后, 定义圆为固体, 或删除相应的block, 直接关联红色edge与圆;



移动顶点

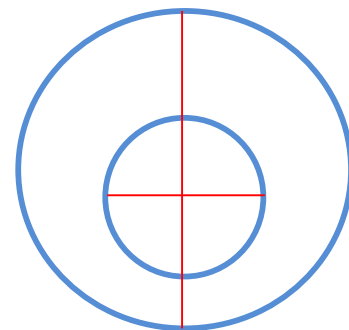
如此划分的网格是这样的！



2. FLUENT求解器设置

还可详见扫描文件

算例 1：偏心圆



- 大圆：圆心坐标 (0,0) ，半径为1，温度为300K
- 小圆：圆心坐标 (0, -0.2) ，半径为0.6，温度为310K

自然对流：由于流体内部存在温度差，使得各部分流体密度不同，从而在没有外界驱动力的情况下流体内部发生的流动称为自然对流。

与雷诺数类似，反映自然对流程度的特征数是 **格拉晓夫数 G_r** ，其定义为：

$$G_r = \frac{g\beta\Delta TL^3}{\nu^2} = \frac{9.8 \times \frac{1}{305} \times 10 \times (0.1)^3}{(14.8 \times 10^{-6})^2} \approx 1.5 \times 10^6$$

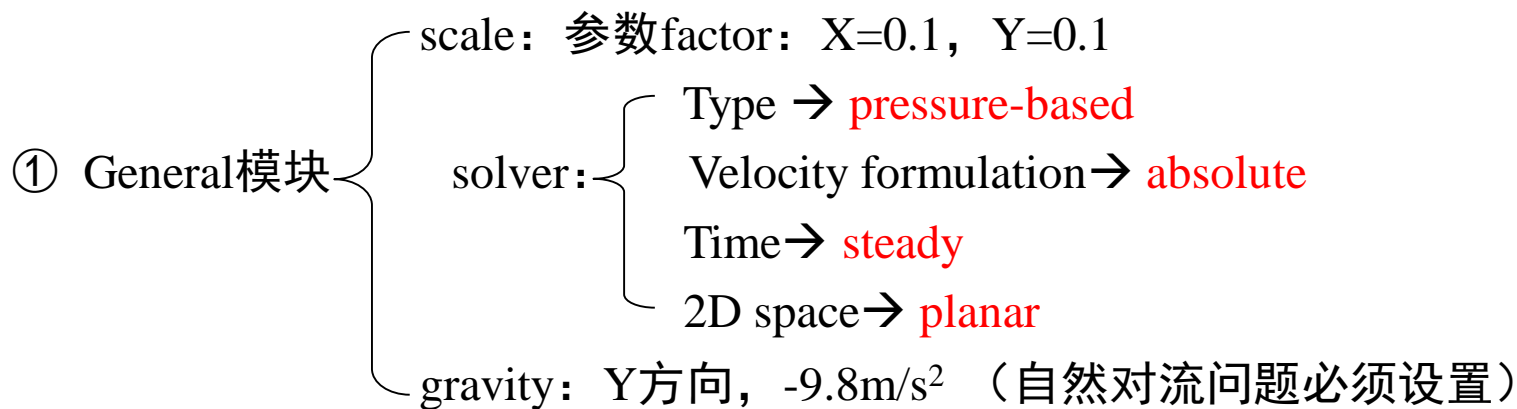
参数	g	β	ΔT	L	ν
定义	重力加速度	体积变化系数 (或膨胀系数)	温度差	特征尺度	运动粘性系数

算例 1：偏心圆

(1) 体积变化系数，可取为绝对温度的倒数，本例可取 $\beta = \frac{1}{0.5(T_h + T_c)}$ ；

(2) 对于自然对流问题，格拉晓夫数小于 10^7 可按照层流问题计算。

关于该问题的FLUENT设置如下：



② Model模块：选择energy (温度场必选)

算例 1：偏心圆

③ Material模块：选择 **air**（注：自然对流，密度不是常数，需改成 **incompressible-ideal-gas**）

④ Cell zone condition模块：不需设置

⑤ Boundary condition模块：

- inner → wall → ^{edit} thermal 选择 temperature
(**temperature** 设置为 310K)
- outer → wall → ^{edit} thermal 选择 temperature
(**temperature** 设置为 300K)

⑥ Dynamic mesh（动态网格）：不需设置

⑦ Reference value：选择 **compute from->outer**

算例 1：偏心圆

- ⑧ Solution method模块：**SIMPLE, SIMPLEC, PISO**等算法可比较进行选择；
- ⑨ Solution control模块：松弛因子（默认，无需设置）；
- ⑩ Monitor模块：
 - (1) 设置一个页面显示1000次结果（**Iteration to plot: 1000**）；
 - (2) 设置计算100次结果保存一次（**Iteration to solve: 100**）；
 - (3) 选中residual-print, plot, 选择edit设置收敛条件。
(**continuity, x-velocity, y-velocity:10⁻⁴, energy:10⁻⁶**)
- ⑪ Solution iteration模块：
 - (1) **standard initialization**（标准初始化）；
 - (2) **compute from: outer**；
 - (3) 点击 initialize 进行初始化（从t=0开始计算），否则会接着计算。

算例 1：偏心圆

⑫ Calculation activity模块：save energy 100次（保存energy结果）；

⑬ Run calculation模块：

(1) number of iteration（最大总迭代次数）：1000（注：如果已经满足收敛条件，则计算停止，无需计算到最大迭代数目）；

(2) report interval：10（即计算10次打印一次结果）。

(3) profile update interval：默认为1。

⑭ File → write case（必须先保存case文件！）

⑮ 前面设置完成之后，点击calculation即可运行，运行完毕后，write case&data；

⑯ 进行tecplot可视化：

(1) fluent中选择 export→solution data→tecplot；

(2) 在tecplot中，import→fluent data loader→同时load case 与 data 文件。

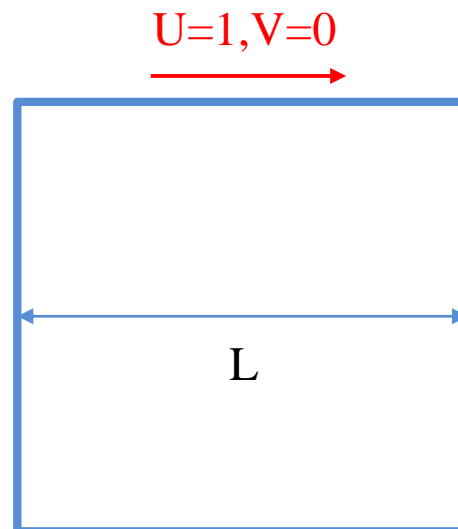
算例 2：顶盖驱动流 (Re=100)

无量纲N-S方程：

$$U \frac{\partial U}{\partial X} + V \frac{\partial U}{\partial Y} = \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} \right) - \frac{\partial P}{\partial X}$$

$$U \frac{\partial V}{\partial X} + V \frac{\partial V}{\partial Y} = \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial Y^2} \right) - \frac{\partial P}{\partial Y}$$

无量纲速度 $U = \frac{u}{u_{lid}}$ $V = \frac{v}{u_{lid}}$



① Material模块：密度density=1，粘性系数viscosity = $\frac{1}{\text{Re}} = 0.01$ ；

② Boundary condition模块：lid $\xrightarrow[\text{wall}]{\text{edit}}$ momentum中选择moving wall
→ components, 然后**设定x-velocity=1, y-velocity=0**；

（另一种方法，选择velocity-inlet → velocity specification下拉菜单中选择components，然后设定x-velocity=1, y-velocity=0）其余边界保持默认设置（认为是固体壁面条件）

算例 2：顶盖驱动流（ $Re=100$ ）

③ Run calculation模块：在计算之前，先保存case；

④ Run calculation设置：设置方法与算例一类似，number of iteration（总迭代次数）：1000（注：如果已经满足收敛条件，则计算停止，无需计算到最大迭代数目）；

⑤ 后续计算和可视化参考算例 1 内容。

算例 3: u-型管

相关设置

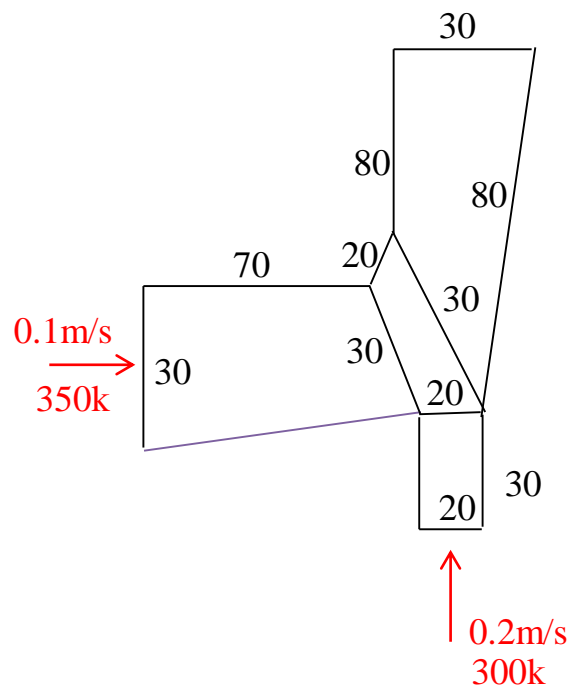
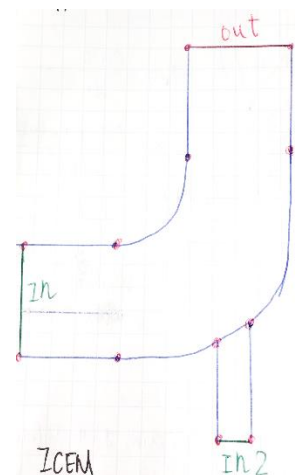
① General模块 $Re = \frac{\rho u L}{\mu} \approx \frac{998 \times 0.1 \times 10}{1 \times 10^{-3}} \approx 10^6$ (湍流!)

- (1) check mesh (保证最小网格体积大于零);
- (2) type \rightarrow pressure based (压力作为基本变量);
- (3) time \rightarrow steady (进行稳态计算)。

② Model模块

- (1) energy \rightarrow on (求解温度场);
- (2) viscous $\rightarrow k-\varepsilon$ 两方程模型 (模拟湍流)。

③ Material模块: fluent database中选择water-liquid后点击copy;



算例 3: u-型管

④ Cell zone condition模块：双击water→ material name中将air改成water-liquid，再返回到上一步把air删掉；

⑤ Boundary condition（每条边界都需要重新设置，因为默认都是wall！）

首先display mesh点进去，分别选择各个面进行观察：

（1）in：由wall改成velocity，momentum→ velocity，设定方法改为magnitude：normal to boundary，值为0.1，thermal中temperature改成350K；

（2）in2：由wall改成velocity，u=0.2，温度T=300K；

（3）int_water和wall不变，out由wall改成outflow；

（4）wall：002和wall：002-shadow中将type改成interior。

⑥ Reference values模块：从in开始计算（即compute from in）；

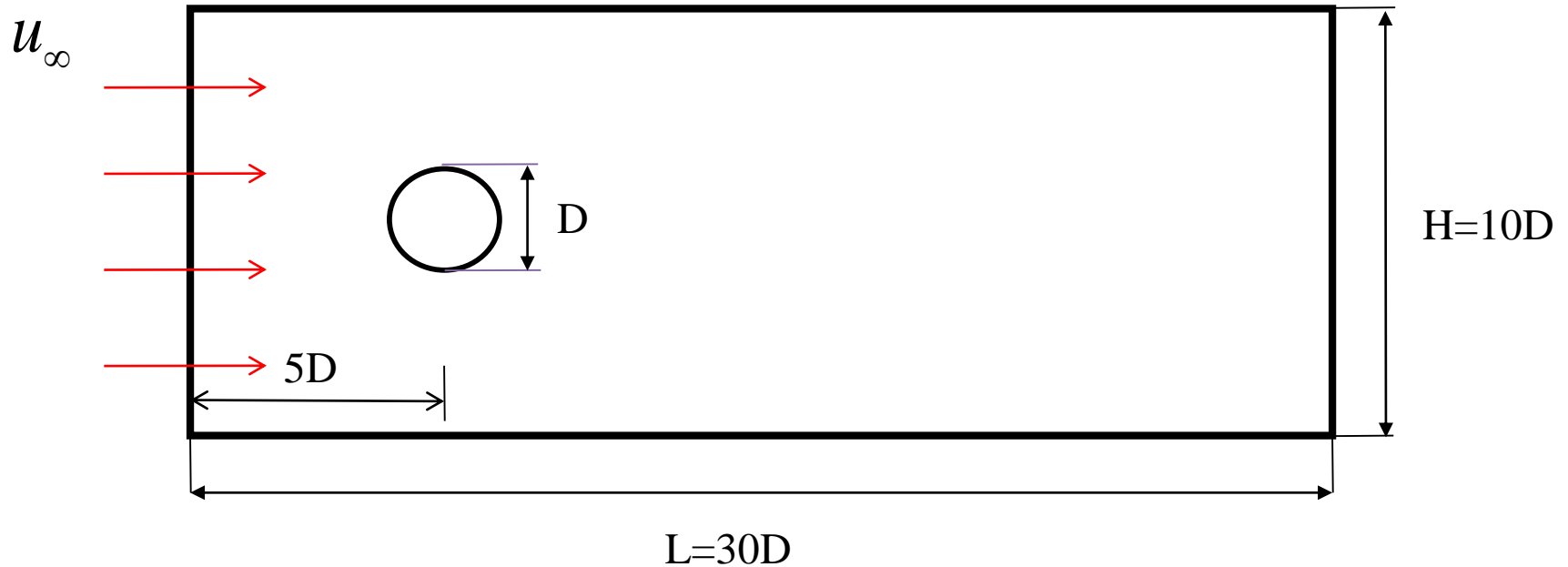
⑦ Solution method模块：默认（计算方法）；

⑧ Solution control模块：默认（松弛因子）；

算例 3: u-型管

- ⑨ Monitor模块: 打开residuals设置收敛条件, 其中温度设为 10^{-7} , 其余设为 10^{-4} 。
- ⑩ Initialization 模块: 选择 standard, compute from ->in, 然后点击 initialize 进行初始化;
- ⑪ Calculation activity模块: 每计算100次保存1次结果, 并保存case文件;
- ⑫ Run calculation模块: 设置迭代次数为1000, 报告间隔(页面打印间隔)设置为100, 设置完成后进行calculate。
- ⑬ 运行完成后保存case&data!
- ⑭ 仿照算例1的步骤进行可视化(温度、速度、压力等)。

作业：圆柱绕流问题



考虑无量纲情况 ($L^*=D$, $U^*=u_\infty$)，圆心坐标为 $(0,0)$ ， $D=1$ ， $L=40$ ， $H=10$ ， $u=1$ ， $Re=5$ 、 30 、 200 (考虑三种不同雷诺数情况)

作业：圆柱绕流问题

边界条件：

(1) 入口：velocity-inlet $\left\{ \begin{array}{l} u=1 \\ v=0 \end{array} \right.$

(2) 出口：outflow

(3) 上下边界：symmetric 或者 velocity-inlet

(4) 圆柱边界：wall（固体壁面）

注意事项：当 $Re=200$ 时，需要使用**非稳态计算**，设置如下：

(1) Time step size = 0.05~0.1 ($\Delta t \cdot u < \Delta x$)

(2) Number of timestep = 3000 ($L=30D$)

(3) Max iteration = 200（每个时间步最大迭代次数，满足 $\varepsilon < 10^{-4}$ ，即停止）

(4) Report interval=10（显示间隔是10次，如果数目过大如100，则无论收敛与否都要迭代计算100次，所以选择较小数目）

附：涡量可视化

- 涡量的相关计算

涡量是描写漩涡运动的重要物理量之一，定义为流体速度矢量的旋度。计算公式为：

$$\omega = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}$$

一般在程序中计算后，在可视化软件中显示其等值线/等值面。也可以在Tecplot中由速度场计算而得。

首先打开data set info，找到 u 和 v 在 tecplot 中variable 的序号（该问题中x-velocity 为 4， y-velocity 为 5），定义一个新变量V45代替涡量（名字可任取），依次点击 data→alter→ specify equations，输入：

$$V45 = ddy(V4) - ddx(V5)$$

此处公式的写法可参见其help文件

之后画出V45的等值线/等值面来观察涡量的变化。