ABAQUS 入门使用手册

ABAQUS 简介：ABAQUS 是一套先进的通用有限元程序系统，这套软件的目的是对固体和结构的力学问题进行数值计算分析，而我们将其用于材料的计算机模拟及其前后处理，主要得益于 ABAQUS 给我们的 ABAQUS/Standard 及 ABAQUS/Explicit 通用分析模块。

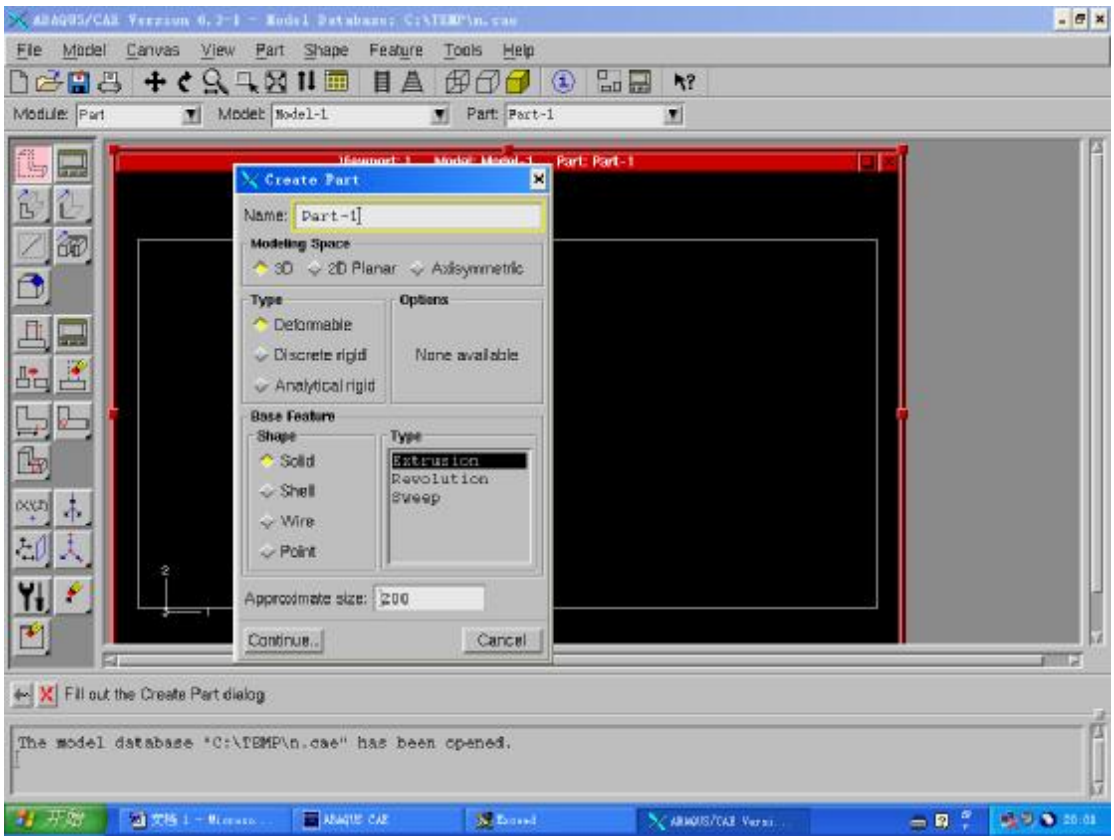
ABAQUS 有众多的分析模块，我们使用的模块主要是 ABAQUS/CAE 及 Viewer,前者用于建模及相应的前处理，后者用于对结果进行分析及处理。下面将对这两个模块的使用结合本人的体会做一些具体的说明：

一. ABAQUS/CAE

CAE 模块用于分析对象的建模，特性及约束条件的给定，网格的划分以及数据传输等等，其核心由七个步骤组成，下面将对这七个步骤作出说明：

1.PART 步

（1） Part→Creat



Modeling Space:①3D 代表三维②2D 代表二维③Aaxisymmetric 代表轴对称，这三个选项的选定要视所模拟对象的结构而定。

Type: ①Deformable 为一般选项，适合于绝大多数的模拟对象。②Discrete rigid 和 Analytical rigid 用于多个物体组合时，与我们所研究的对象相关的物体上。ABAQUS 假设这些与所研究的对象相关的物体均为刚体，对于其中较简单的刚体，如球体而言，选择前者即可。若刚体形状较复杂，或者不是规则的几何图形，那么就选择后者。需要说明的是，由于后者所建立的模型是离散的，所以只能是近似的，不可能和实际物体一样，因此误差较大。

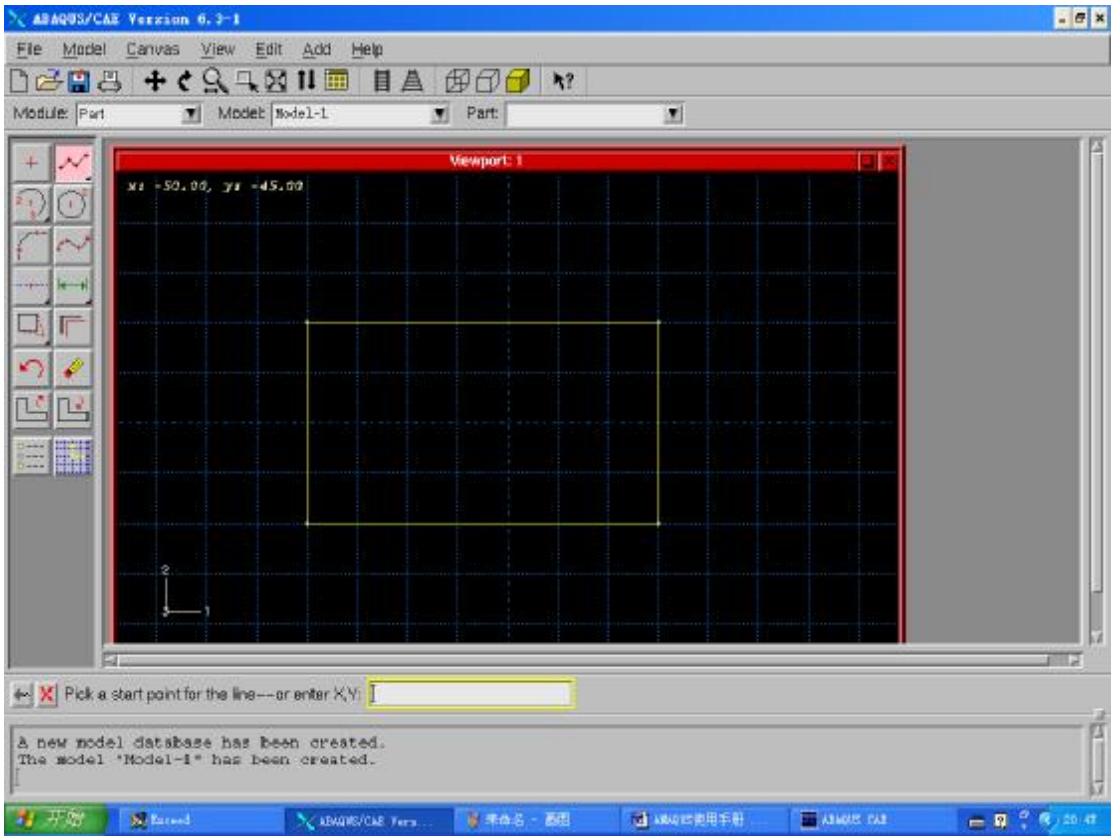
Shape 中有四个选项，其排列规则是按照维数而定的，可以根据我们的模拟对象确定。

Type: ①Extrusion 用于建立一般情况的三维模型②Revolution 建立旋转体模型③Sweep 用于建立形状任意的模型。

Approximate size:在此栏中设定作图区的大致尺寸，其单位与我们选定的单位一致。

设置完毕，点击 Continue 进入作图区。

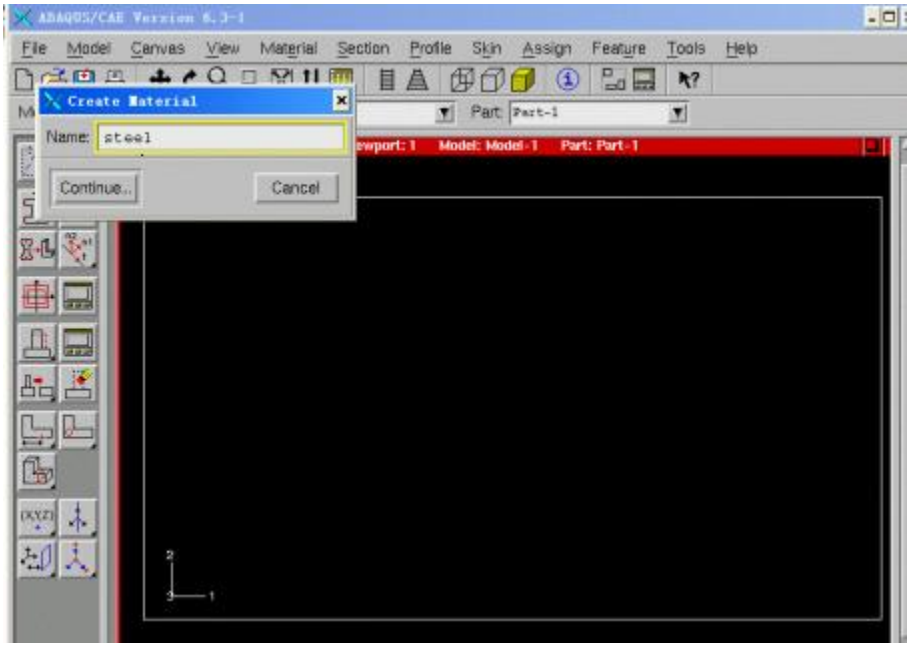
（2） Part→Creat→Continue



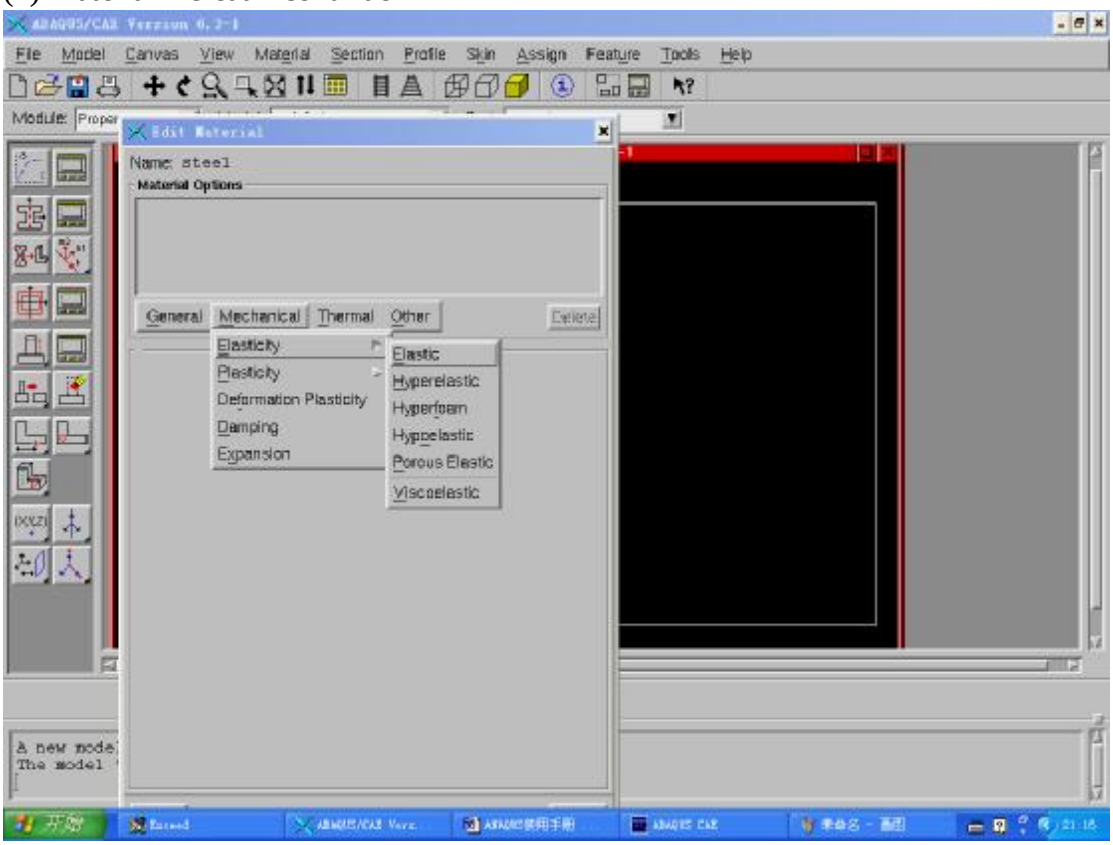
这时，使用界面左侧的工具栏便可以作出点、线、面以组成我们所需要的图形。至此，PART 步的基本功能及作用介绍完毕。当然，PART 首界面中还有其他几个栏目，如 SHAPE 选项用于构造较复杂的物体形状，FEATURE 和 TOOL 为一般性工具，将在以后作介绍，在此不在赘叙。

2．PROPERTY 步：在此步中赋予研究对象的力，热，化及材料本身的性能。

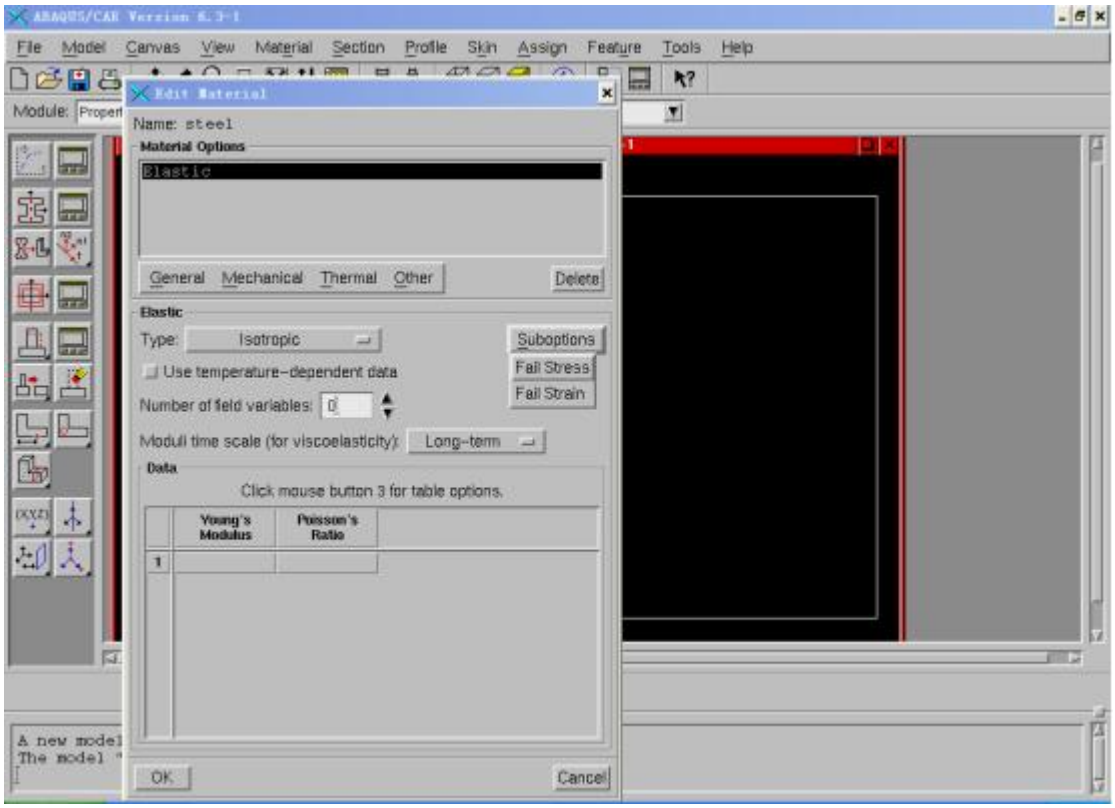
（1） Material→creat



(2) Material→creat→continue



可以根据需要对上面框图的选项进行选择，如选择 Machanical→Elasticity→Elastic 表示材料为弹性材料，其选择结果如下：



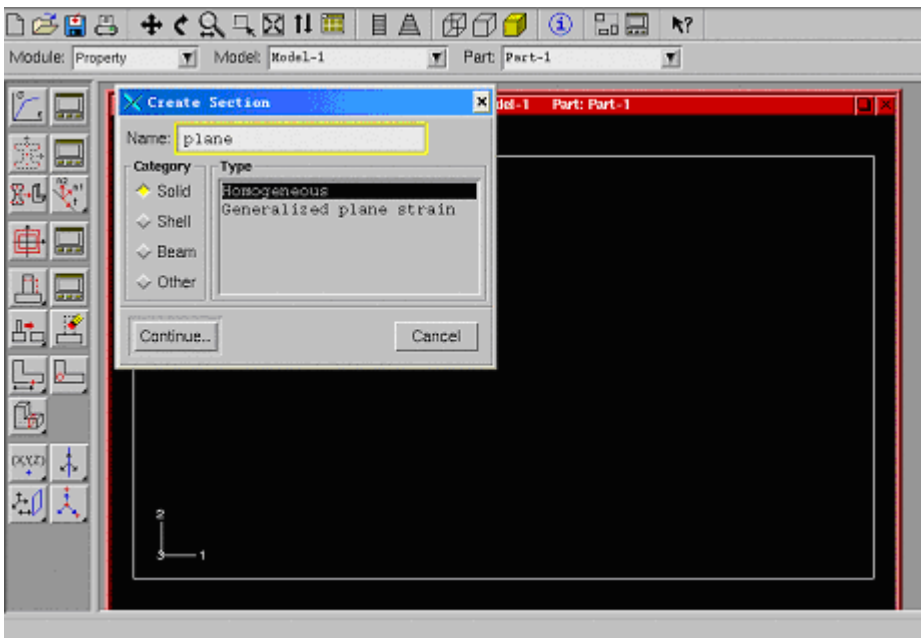
Suboption:用于当材料断裂时，对其断裂处的应力应变进行限制，当应力应变达到所给定值时，即断裂。

Long-time:其中有两个选项，分别用于材料受到持续力和瞬时力作用的两种情况。

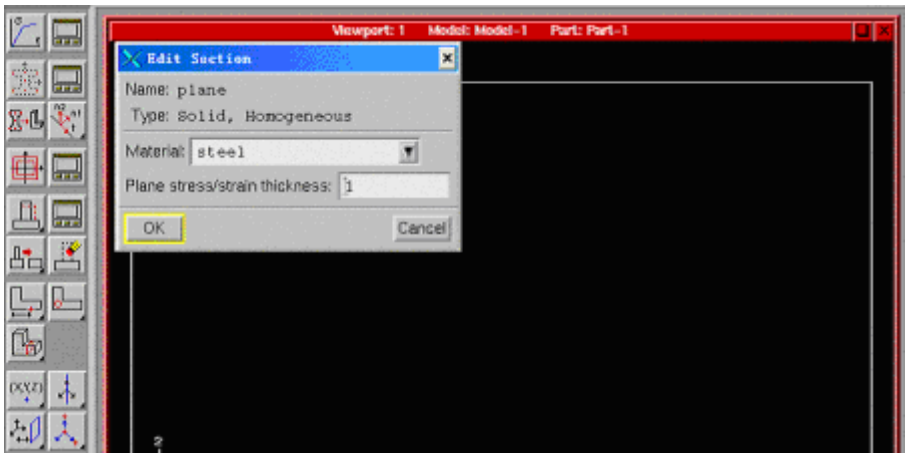
DATA：此处输入材料给定的杨氏模量和泊松比的值。其单位与先前给定的单位一致。

定义完物体的材料特性，接下来就要选择这种材料所对应的物体了。

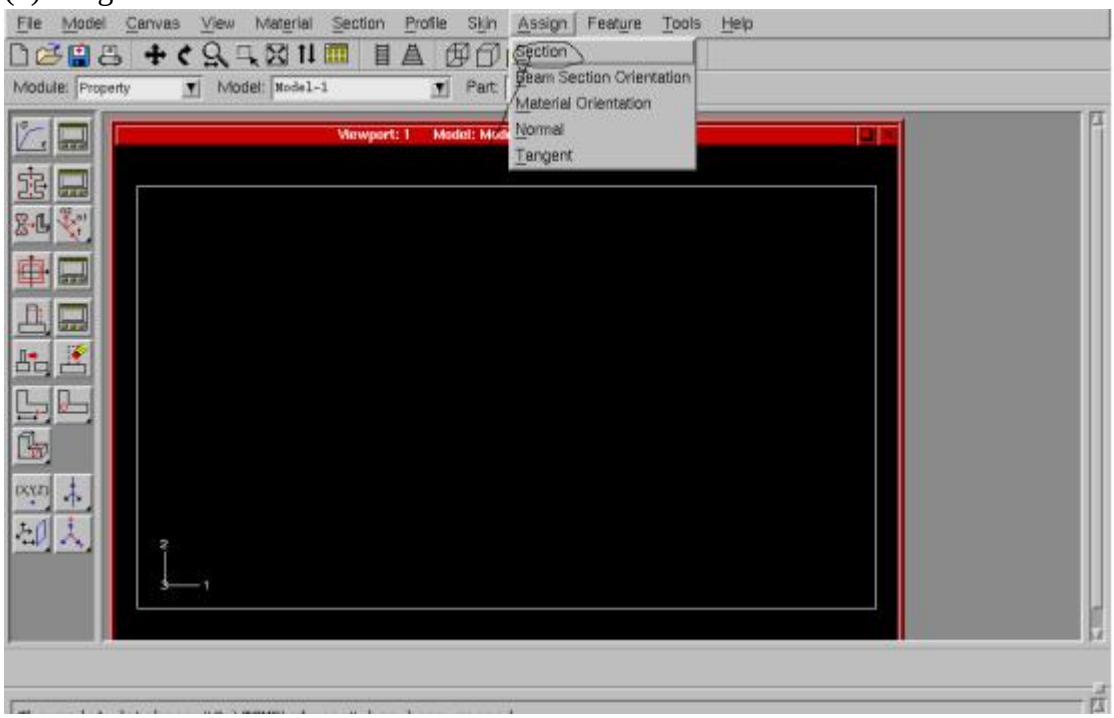
(3)Section→Creat



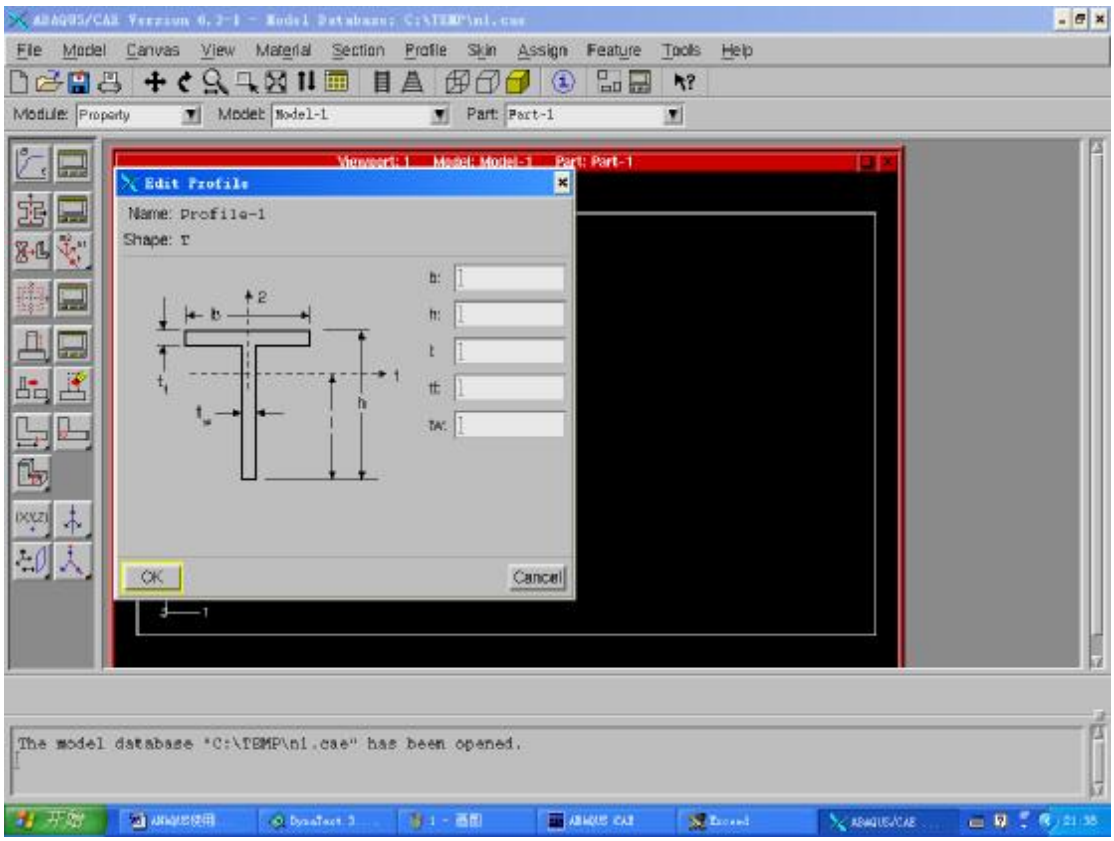
首先，可以用上述命令创建一个实体。将其命名为 Plane.
Category:可以根据所研究对象的形状确定这四个选项。
Type: ①Homogeneous:适用于组成材料分布且变形均匀的物体,包括平面应力。多用于线性。②Generalized plane strain:多用于材料的不均匀形变，例如角应变。多用于非线性材料。
(4) Section→Creat→continue

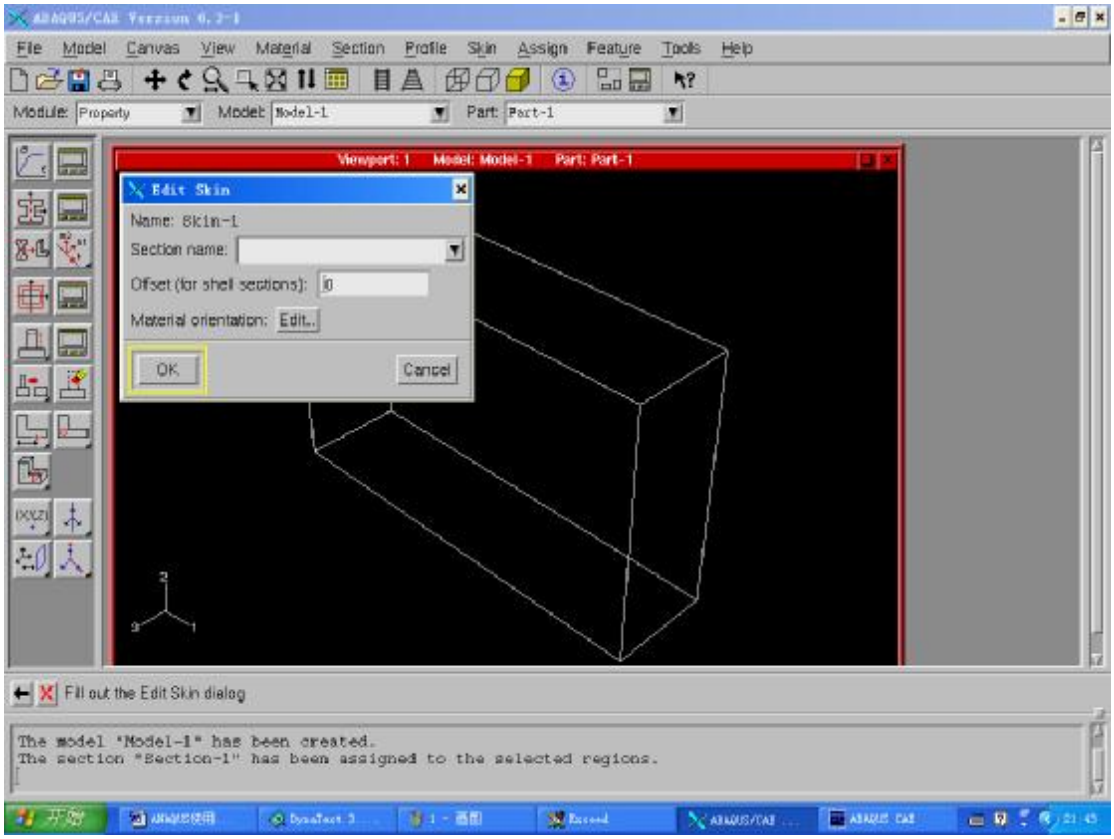


执行上述命令后，便出现了 Edit Section 对话框。
Material:此选项已经在前面定义，对于单个研究对象而言，不需要在进行额外的选择。
Plane stress/strain thickness:此选项应根据应力应变的实际厚度来定。对于平面应力，一般选取物体的实际厚度。对于平面应变，一般选取力沿着物体作用方向的实际长度。
我们现在已经定义了物体的材料特性，同时也定义了所选取的研究对象，接下来我们将把已经定义了的物体的材料特性赋予我们的研究对象。
(5)Assign→Section



进行了上述选择后，点击 DONE 按纽，就 OK 了。
至此我们已经完成了给研究对象赋予其材料特性的任务了。由于我们是以一个平面应力的金属薄板作为研究对象，所以 PROPERTY 步中还有一些子选项没有使用，在此作简要的介绍。
Profile:适用于研究对象为杆的情况，在此可定义与杆的截面有关的各种信息，比如横截面的形状，面积，转动惯量等等。如下图所示。
Skin:适用于研究对象为三维或轴对称的情况。前者用于面，后者用于边。Skin 的用途在于可以在三维物体的某一个面或者是轴对称物体的一条边上 skin 附上一层皮肤，这种皮肤可以是异于物体原来的材料(如铝等)的各种其他材料。在 Creat 之前，首先要按照上面所讲的步骤再定义一个或多个 Material 和 Section，然后才能执行 Creat skin 命令。为了定义 skin，在定义 Section 的时候必须选择 Shell(必须是均匀的),Membrane 或者 Gasket 这些适合于 skin 的类型。一般来讲，定义完成 skin 以后，在大多数情况下，不能直接从 Viewpoint 里直接选取 skin 面，这时就需要执行 Tool→set 命令，选取所需要的 skin 面作为 set。从而点击右下方的 set 即可选取所需要的 skin 面。需要注意的是，如果将 shell,membrane 或 gasket 单元赋给 skin，那么在 Mesh 步中就必须对应的赋予其 shell,membrane 或 gasket 单元。另外，对于三维物体，在 Mesh 步中可以产生面和线单元以对其进行网格划分，对于轴对称物体也是类似的。当我们对三维物体的面和线进行划分时，位于其上方的皮肤加强层也相应的被网格剖分了，而不能单独的对皮肤加强层进行网格划分。



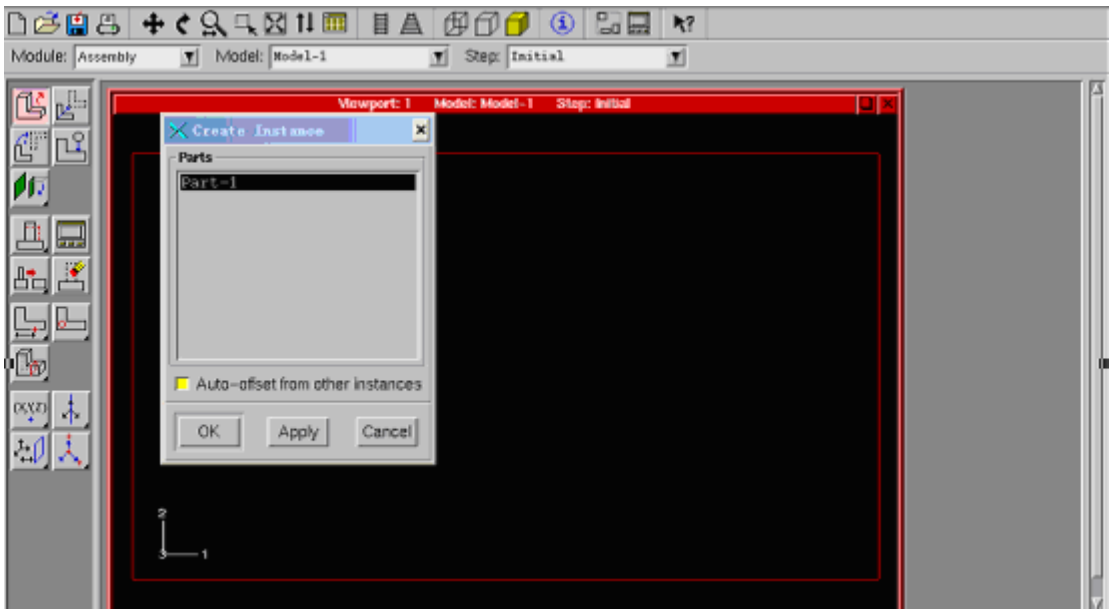


Offset:该选项可以对皮肤附加边和皮肤附加面进行定位，Offset 值可以为正，也可以为负。例如，在壳体和轴对称物体中应用负的 Offset 值，表明其上的皮肤边被定位；在实体中应用负的 Offset 值,则表明皮肤层被实体所包含。

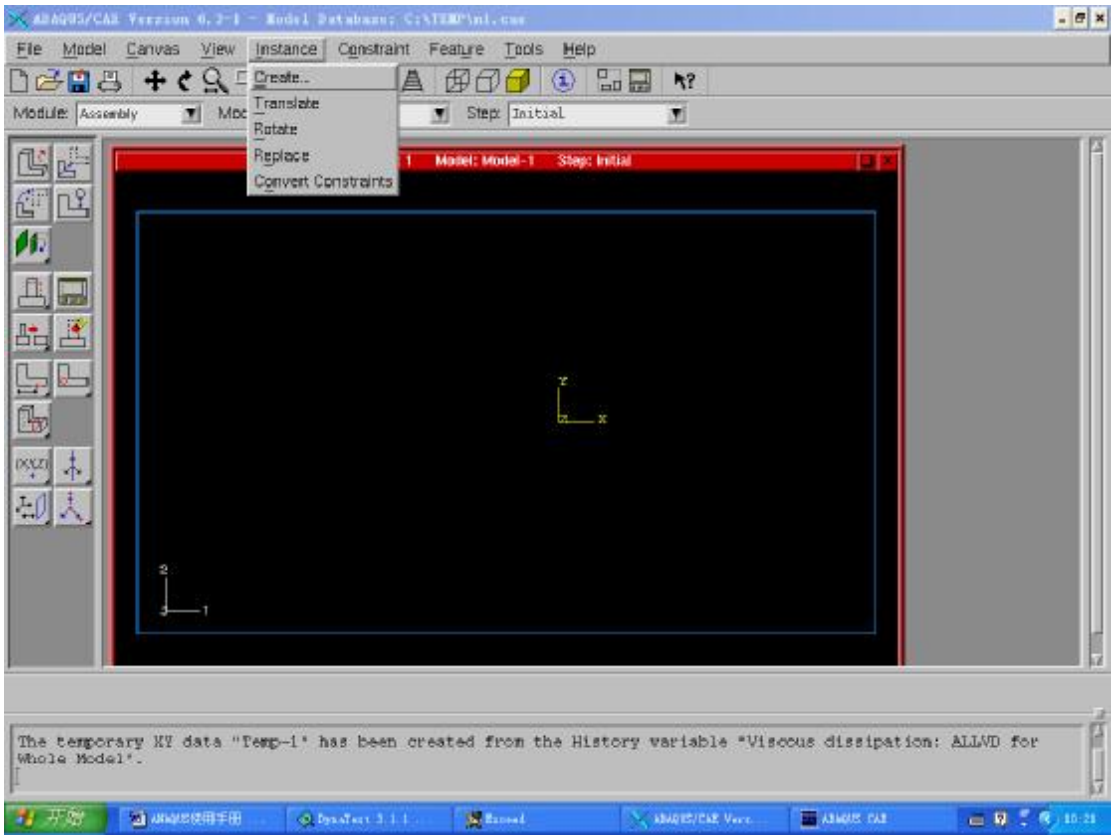
在 PART 和 PROPERTY 步中，我们建立了所研究对象的模型，并且赋予了其材料特性。注意到整个过程是在局部坐标系下进行，这对于由单一形状构成的模型尚可，但对于由多个部分构成的物体来说，其中的每个部分都具有其独立的局部坐标系，为此，我们必须将其划归到一个统一的整体坐标系中，使其成为一个整体。

3．ASSEMBLY 步：统一坐标系

执行 Instance→Create



点击 OK 即可。下面简单介绍一下 Instance 的其他几个命令和 Constraint 用法。



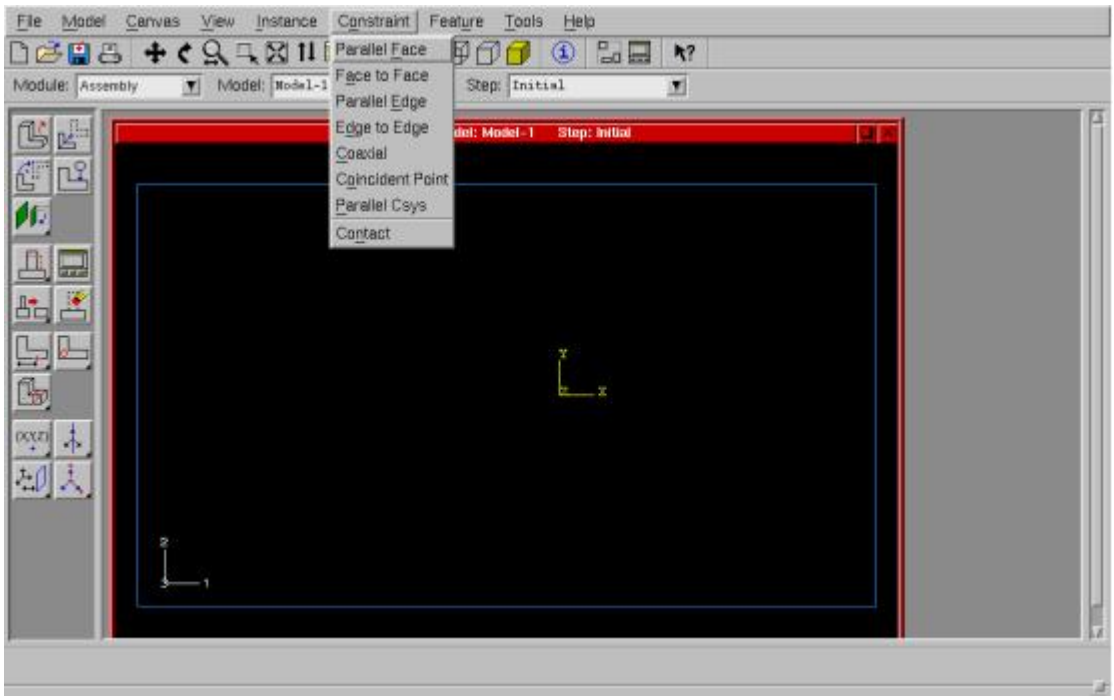
Create:用于将所选的部分置于全局坐标系下。

Translate:用于刚体的平行移动，移动的距离通过坐标来选定。

Rotate:将所选的物体进行旋转。

Replace:用于组成对象的各个部分之间的相互转换。

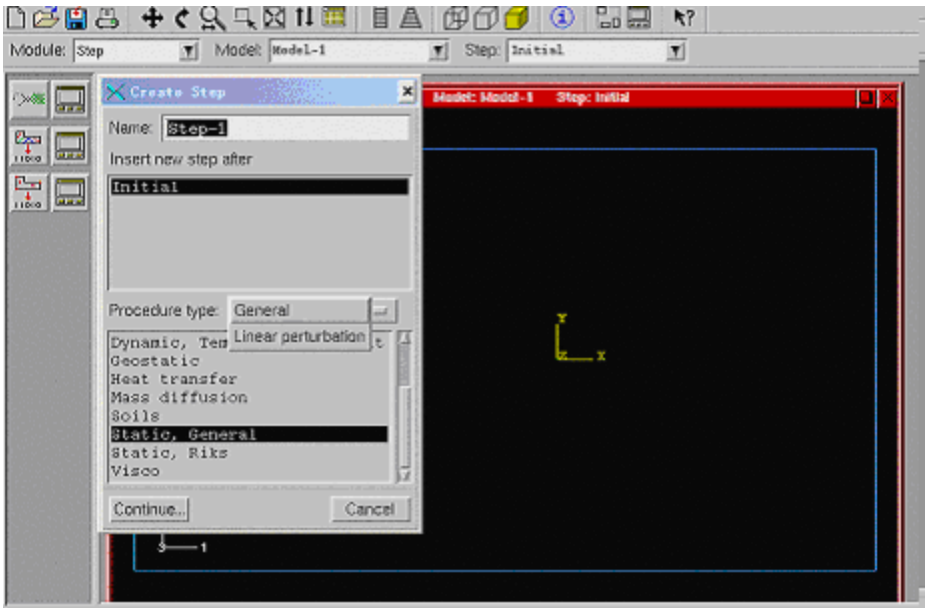
Convert Constraints:重新定位所选的部分。



Constraint 命令适合于物体的组成部分多于一个的情况。用于各个部分之间的定位。在此不祥述。

4．STEP 步：用于定义分析的步骤，可以是一步，也可以是多步，视具体情况而定。同时给出输出要求。Step 分为 initial,step-1,step-2……,其中 initial 为 ABAQUS 自动给出，其余为作者自定义。在上述例题中，我们给出一个分析步：initial 中赋予边界条件，step-1 中赋予集中力荷载。如下所示：

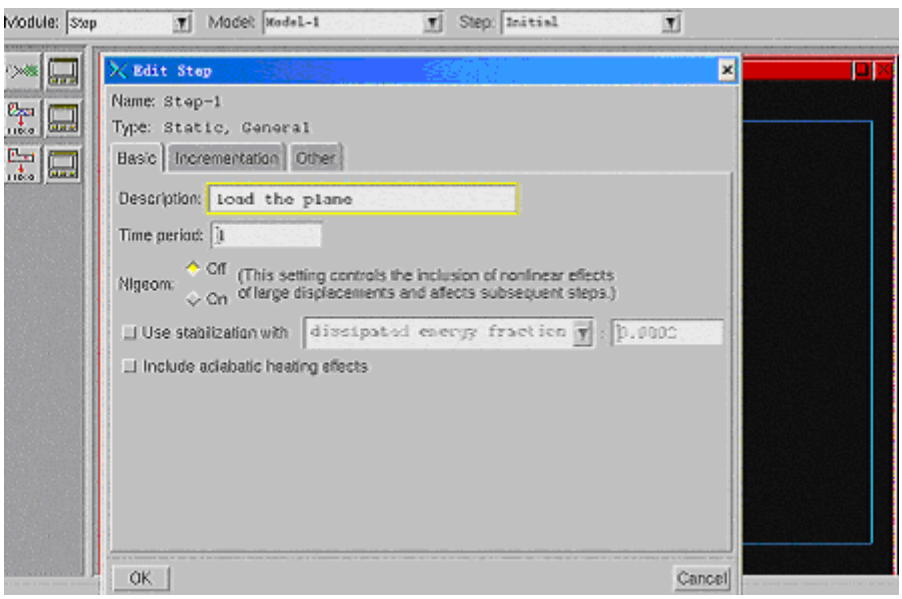
（1）Step→Creat



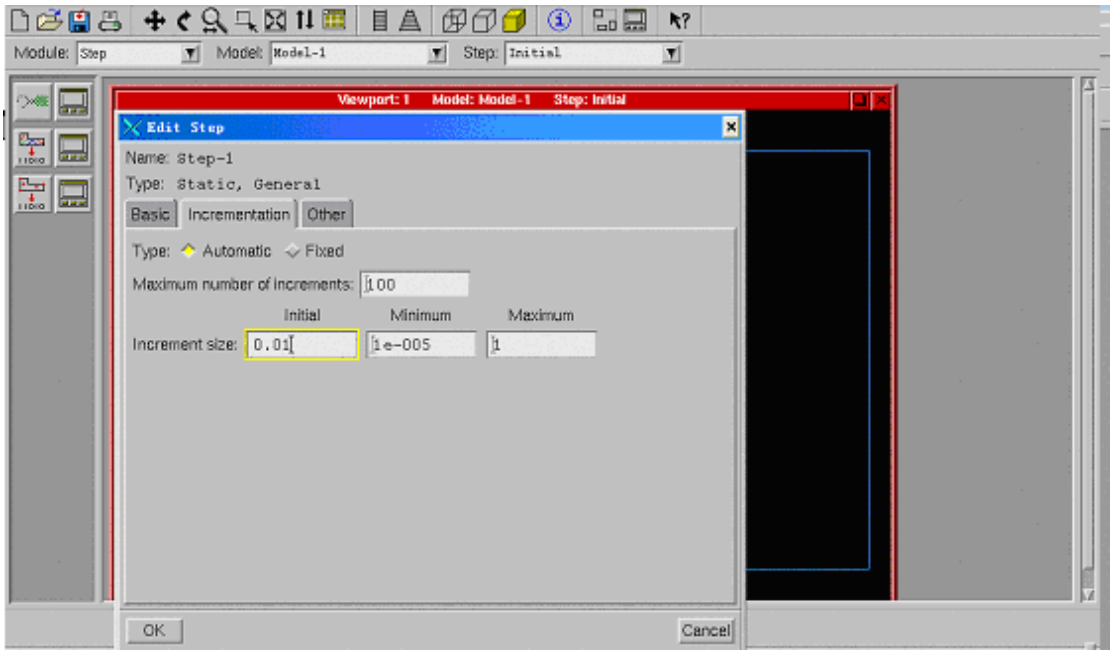
Procedure type: ①General: 全称为 General nonlinear perturbation, 与 Linear perturbation 相对应。此分析步定义了一个连续的事件，即前一个 General 步的结束是后一个 General 步的开始。②Linear perturbation: 此分析步定义了在 General nonlinear 步结束时的一个线性扰动响应。

在没有线性绕动的情况下，一般选择 General 步。由于是静态问题，此处下选 static, general.

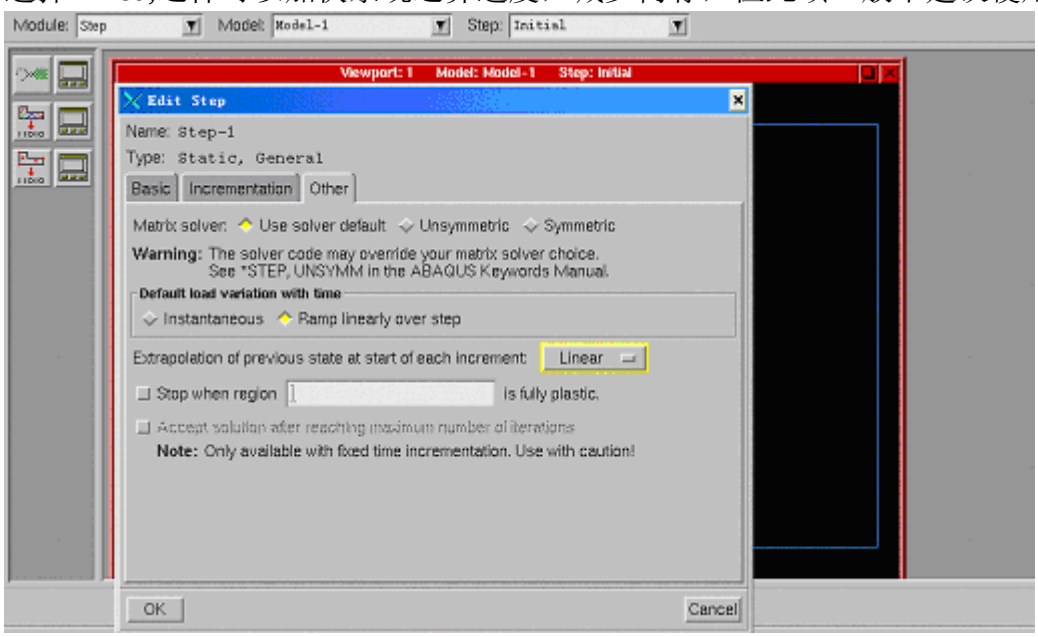
点击 continue 进入编辑状态。



在 Basic 栏中，定义了时间步长，并用文字对此步进行了描述。Nigeom 状态由物体的形变或位移大小而定。在静态问题中，一般为小位移形变，ABAQUS 的默认值为 OFF；在动态问题中，一般形变较大，默认值为 ON。其后的两个复选框均用于热传递，在此不作叙述。



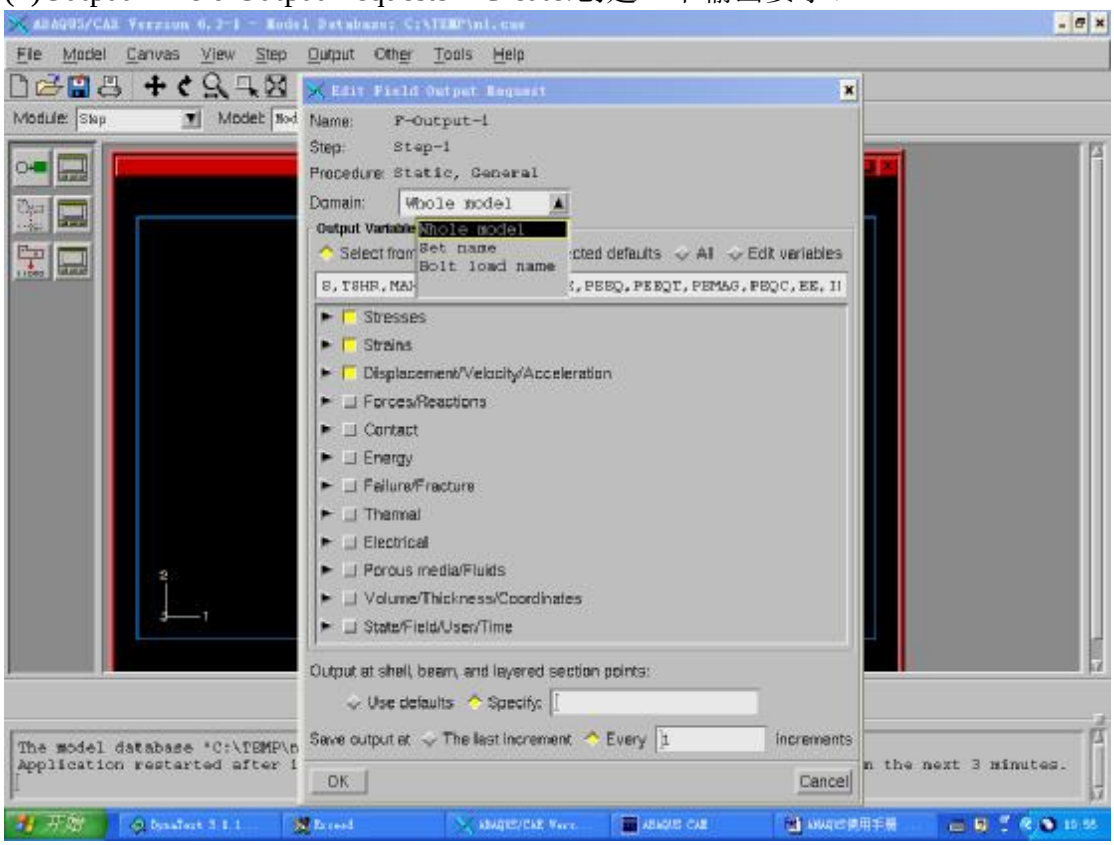
Incrementation 栏中，通过选择增量尺寸来确定所输出的祯（frame）的数量。增量的尺寸越小，所输出的祯的数量就越多；显然，祯的数量不能无限的多，可以通过 Maximum number of increments 选项来确定祯的最大值。ABAQUS/CAE 给出了增量尺寸的最小值 1e-005,如果出现结果不收敛的情况，可以减少增量尺寸的最小值。另外，为了避免结果不收敛的情况，可以通过选择 Atomatic 选项让系统自动调节增量尺寸。有的时候，在确保所选的增量尺寸能够收敛的情况下，选择 Fixed,这样可以加快系统运算速度，减少内存，但此项一般不建议使用。



由于我们将要给物体加载集中力，由于我们把加载的过程分成了 100 步，所以加载力从第一步开始由零递增。因此，在 Default load variation with time 栏中，选

择后者。前者代表加载力为瞬时力。另外，在首项中还可以设置求解器类型，一般情况下，我们选择系统默认的求解器。

(2)Output→Field Output Requests→Create:创建一个输出要求。



Domain:选择 whole model 代表将整个模型的场数据或历史数据输出到数据库中，选择 Set name 代表将所选定的已经命名区域的场数据或历史数据输出到数据库中，选择 Bolt load name 代表将已命名的螺栓荷载的场数据或历史数据输出到数据库中。

Output Variable:可以输出应力，应变，位移等变量。

Use defoaults:将系统默认的截面点的场数据输出到数据库中，此时的系统默认值即为在 PROPERTY 步中定义的截面点。

Specify:将自定义的截面点的场数据输出到数据库中，自定义的截面点只能用于已选择的输出要求中（如上述 stresses,strains,displacement/velocity/acceleration 中的被选项)，而对于其中的未选项仍使用默认的截面点。

Save output at:用于定义结果的输出频率。

设置完毕，点 OK 键。

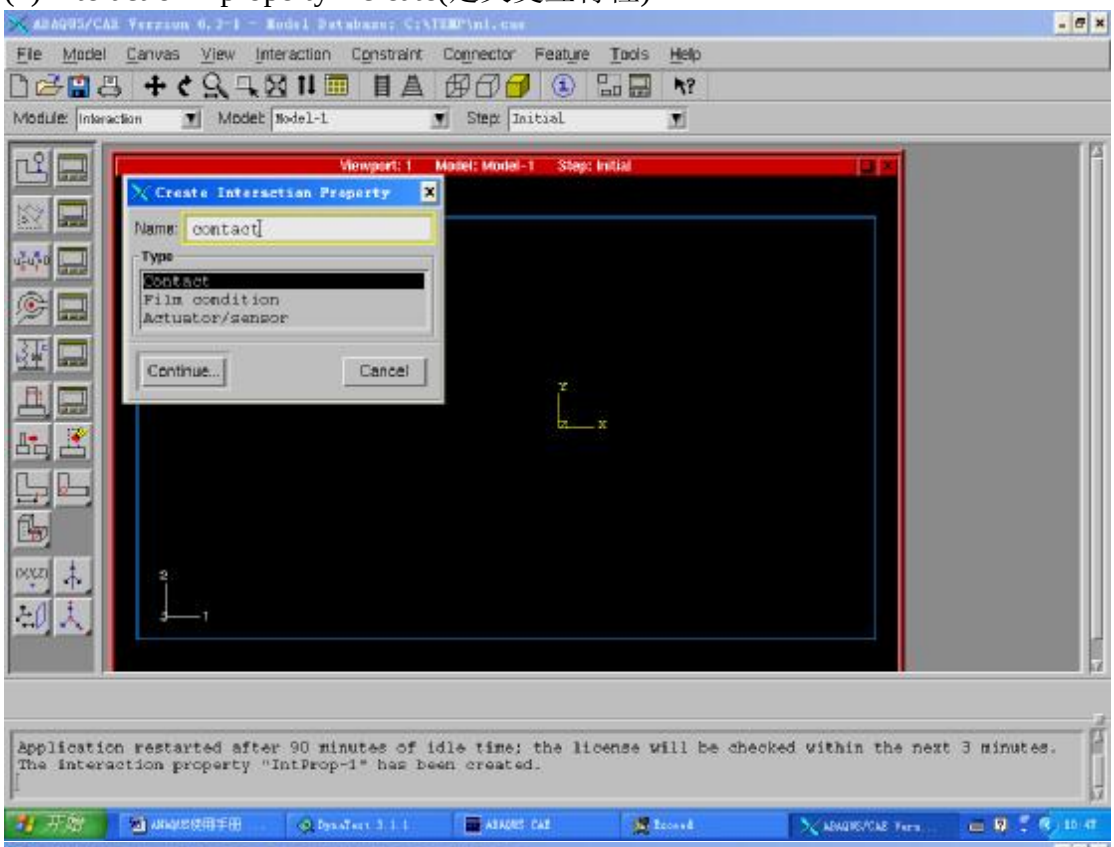
至此，step 设置完成。主菜单中的 Other 选项只适用于 ABAQUS 显示分析(Explicit)，例如象冲击和爆炸这样短暂、瞬时的动态事件。前两项主要是选择一个区域，适时改变其网格划分，以适合冲击和爆炸这样短暂、瞬时的动态事件。第三选项也只适用于 ABAQUS 显示分析(Explicit)，用于对接触进行控制。最后一项用于设置各种参数，一般情况下使用系统默认值，不需要改变其值。

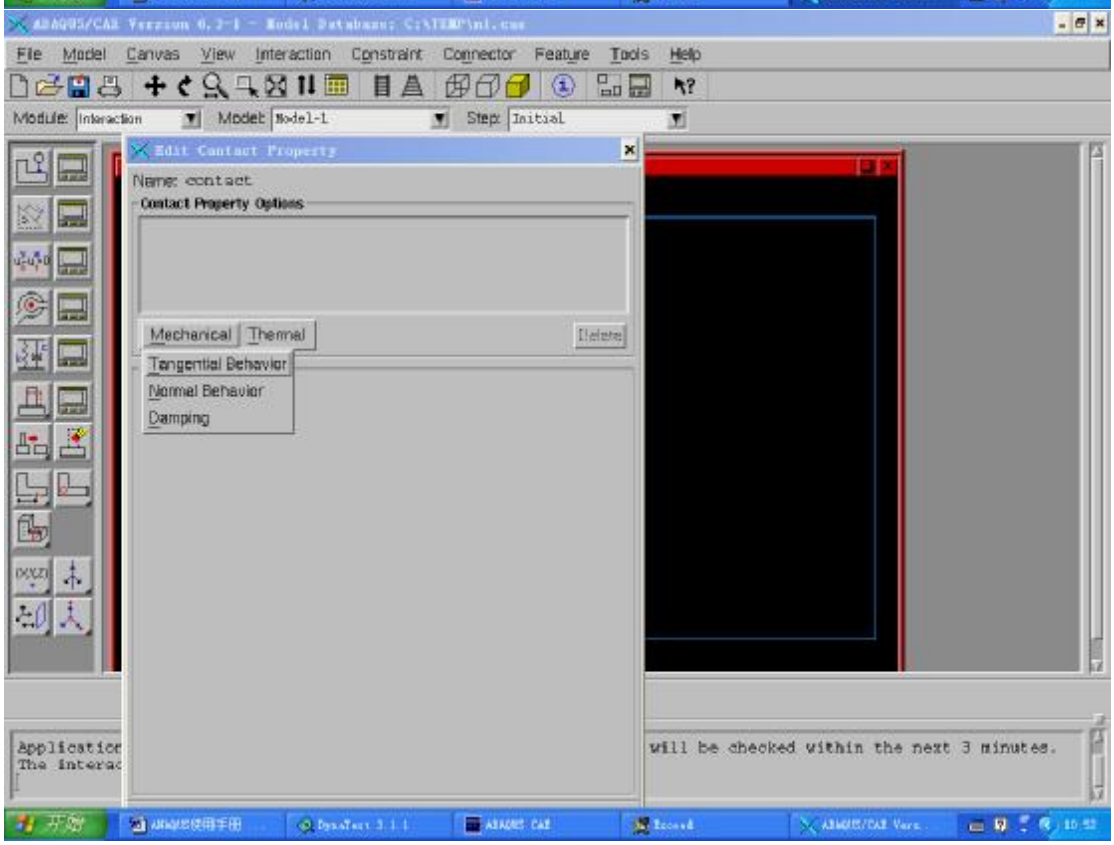
5．INTERACTION 步：用于组成物体的各个部分之间的交互。这里引用的例子是单个金属板的平面应力，故不使用交互命令。只作简单的介绍。

通过 INTERACTION 步我们可以做以下几件事：①定义一个模型的各个区域之间或模型的一个区域与其周围区域之间的力学和热学的交互特性(接触特性，传

动特性等)②定义一个模型的各个区域之间的关联性(如铰结等)③定义一个模型的两个点之间或模型的一个点与地面之间的联结特性。

(1) interaction→property→create(定义交互特性)





Contact: ①Mechanical:Tangential Behavior 用于定义区域之间的摩擦和弹性滑动

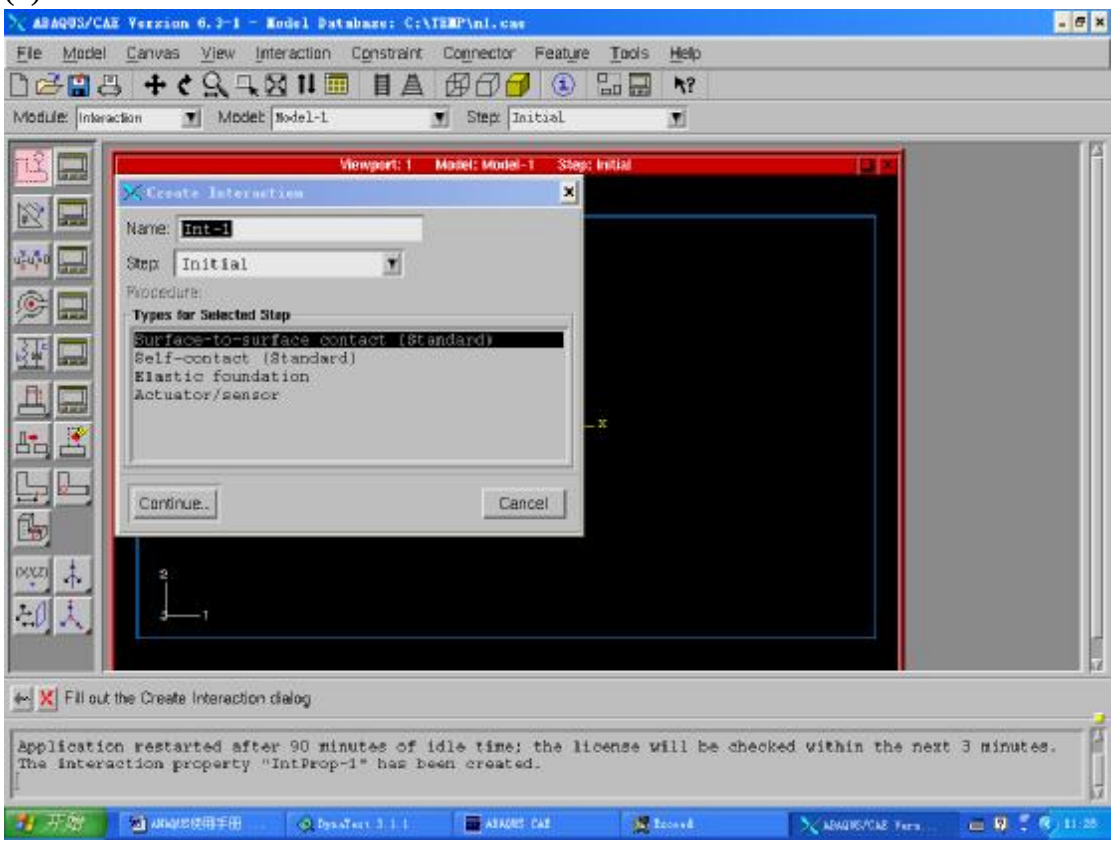
(系数)；Normal Behavior 用于定义垂直方向的接触状况(硬接触，软接触等);Damping 用于定义区域之间的阻尼系数(动态). ②Thermal:用于定义区域之间的热学交互包括(热传导，放热，热辐射等).

Film Condition:用于定义温度场及其他场的表面散热系数，仅适用于薄膜表面的情况。

Actuator/sensor：用于定义区域之间的传动和传感特性。

定义完交互特性，接下来就要创建交互了。

(2) Interaction→Create

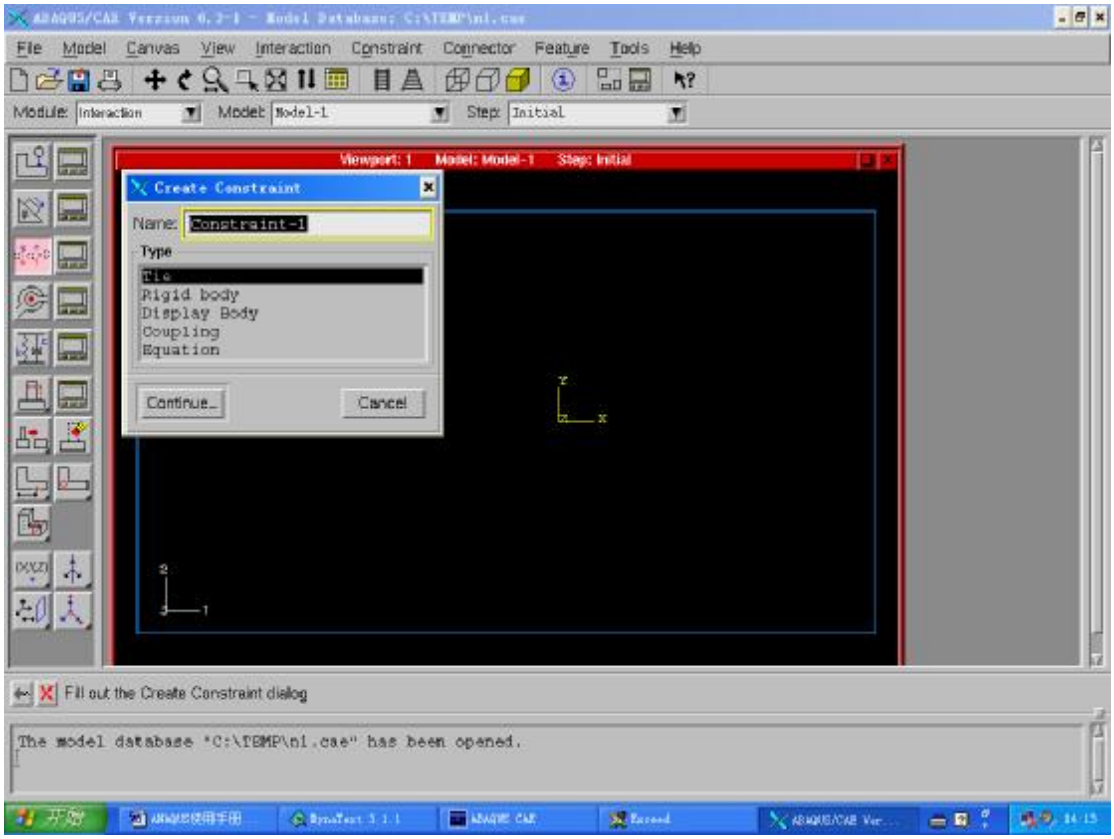


Surface-to-sueface contact:用于创建两个可变形面之间或一个可变形面与一个刚度面之间的交互。

Self-contact:用于创建位于一个独立面内的两个不同面积之间的交互。

Elastic foundation:是一种便捷的设置交互方式，只能在 initial 步中设定，一旦设定，则在以后的 step 中交互特性均为弹性，而不再需要对其交互细节进行设置，也不需要进行重复设置。

当然，如果组成模型的各个部分是紧密相连的，就需要使用 Connector 复选框了。Connector 复选框是和 Interaction 复选框并列的，创建方式也与其类似，即先定义联结特性，再创建联结。在此不再详细叙述。



Constrain:这里的 Constrain 与 Assembly 步中的 Constrain 有所不同，前者限制了模型分析的自由度，而后者仅仅限定了模型中各个部分的相对位置，前者是对后者进一步的限制。

① Tie:用于定义两个独立面之间的连接，使它们之间没有相对移动。Tie 命令可以使两个区域紧密的融合在一起，甚至可以连接两个网格划分截然不同的区域。

② Rigid body:通过选定一个参考点和集合中的一个区域，从而限定这个区域与参考点之间的相对位移，但在整个分析过程中，集合中各区域之间的相对位置保持不变。

③ Display Body:这种类型的限制适用于在力学和多体动态问题中刚体之间经由联结(connector)交互的情况。具体的例子见 ABAQUS/CAE Users Manual 24.2.1

④ Coupling:用于限制一个面相对于一个点的运动。

⑤ Equation:用系数和各结点自由度组成的等式进行限制，如下所示：

An equation is defined by specifying its terms, which consist of a coefficient applied to a degree of freedom of every node in the set.

For example, to define the equation

Set1:DOF3 – Set2:DOF1 + 2*Set3:DOF3 = 0

you would enter these values in the table:

```
Coefficient Set    DOF CSYS ID
-----------------------------
1           Set1    3  (global)
-1          Set2    1  (global)
2           Set3    3     12
```

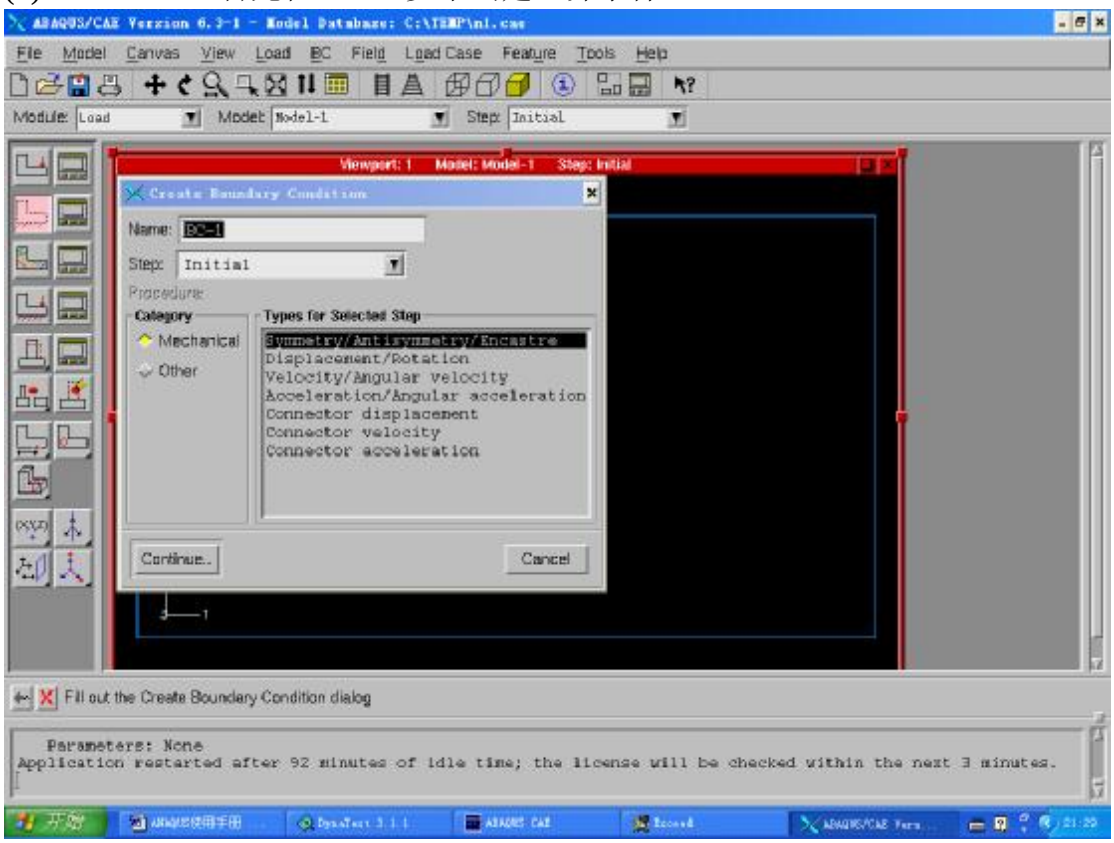
The first set may have one or more points/nodes; the second and all subsequent sets must have only one member.

The use of local coordinate systems is optional. To make the coordinates of one term appear in the equation in a local system, enter the ID of that system in the last column. Select "Tools–>Query–>Feature" to find a CSYS ID.

下面将进行的是边界条件和力的加载。

6．LOAD 步：加载边界条件和力

(1) BC→Create:首先在 initial 步中创建边界条件。



相应于 Mechanical 栏，总共有七种可供选择的边界条件类型。

Symmetry/Antisymmetry/Encastre:此选项给出了对称，反对称，铰接，固结等四

种边界条件的设定情况。可以根据具体的约束情况进行选择。

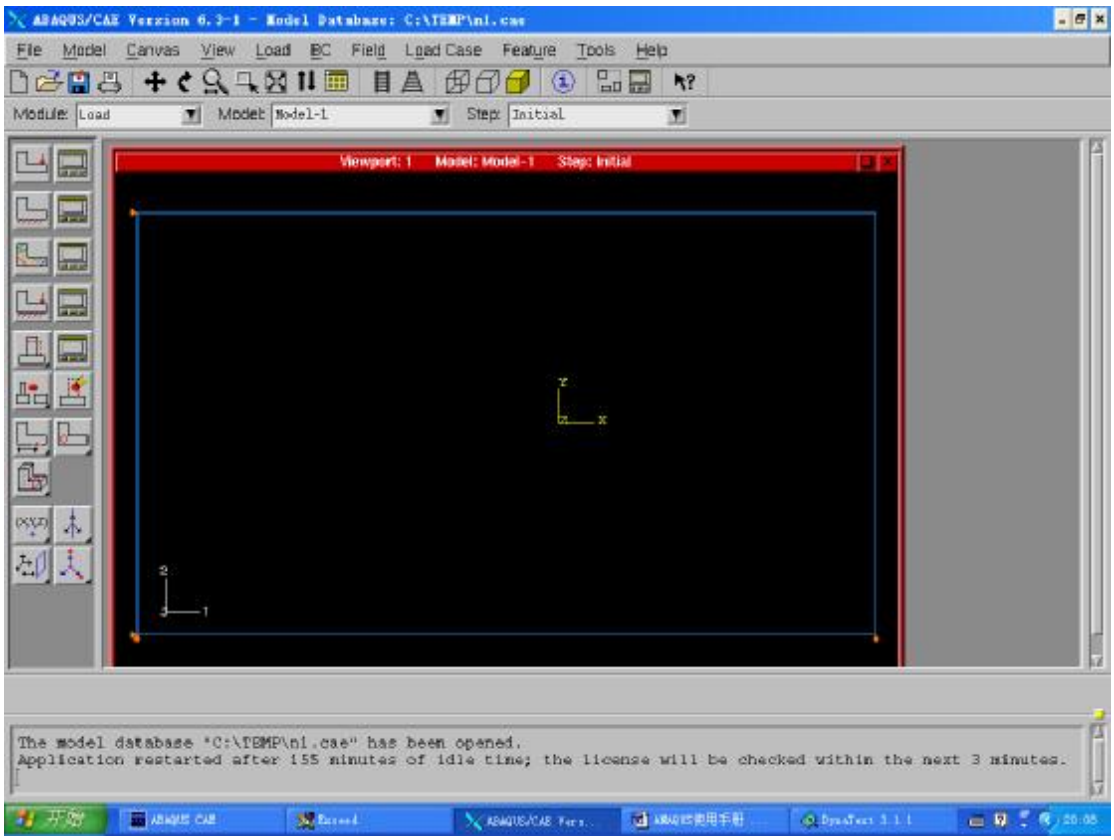
Displacement/Rotation:其功能与上述命令的功能大致相同，但除了上述功能外，还适用于非对称的情况。例如有些约束只需要限定其中的一个或两个自由度，在这种情况下，就只能使用 Displacement/Rotation 命令了。若是要改变约束所在的坐标系统，单击位于 CSYS 右侧的 EDIT 按钮，在右下方的 LIST 栏中选择一个预先定义的坐标系，或者直接从 viewpoint 中选择坐标系，坐标系的默认值是 GLOBAL。

Velocity/Angular Velocity:用来为你所定义的区域结点的自由度提供速度或角速度。同样，如果想改变约束所在的坐标系，如上所示选择所需要的坐标系。，此时在编辑菜单中会出现 Distribution,点击此命令右侧的箭头，就会出现 Uniform 和 User-defined 两个复选项，前者定义了一个均布的边界条件，后者则表示可在用户子程序 DISP 中定义边界条件。

Acceleration/Angular Acceleration:用来为你所选定的区域结点的自由度提供加速度或角加速度。其他与上类似。

以上三个选项适用于模型各部分之间无联结的情况，而对于各个部分通过铰接，固结等方式连接起来的模型，则需要使用 Connector displacement, Connector Velocity 以及 Connector Acceleration 这三个选项了，其功能与上述三个基本类似，在此不再叙述。

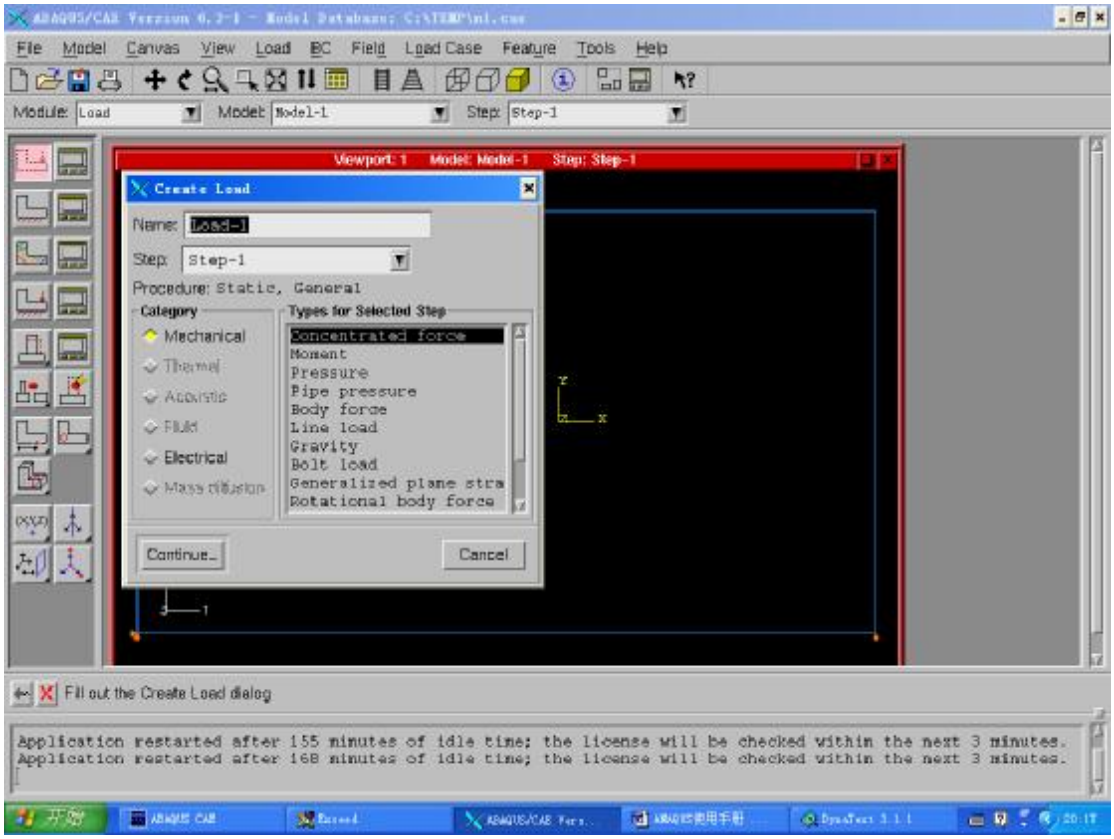
在平面应力问题中，通过对边界条件的选择，我们限定了三个结点，如下图所示：



当然，BC 复选框还可以定义声学，电学等不同形式的边界条件，在此只做出说明。

我们已经在 initial 步中定义了模型的边界条件，下面我们将在 step-1 中定义荷载。

(2)Load→Create:在此选项中进行加载。



在此，我们仅介绍力学加载(Mechanical),在所有的 13 种加载类型中，也仅介绍几种常用荷载，以供大家参考。

Concentrated force:代表集中力，其表示方法有 CF1，CF2，CF3，分别表示三个方向的力。

Moment:代表力矩，其表示方法有 CM1，CM2，CM3，分别表示三个方向的力矩值。

Pressure:有两种类型的压力，可以在此后的 Distribution 选项中进行选择。选择项中 Uniform 代表等压力，Hydrostatic 代表静水压力。

Pipe Pressure:用于定义管状或肘状模型中的内外压强。在其中还可以定义管的类型（封闭管还是通管），也可以定义压强的类型（等压还是静水压力），在此不详述。

Body force:用于定义单位体积的受力。

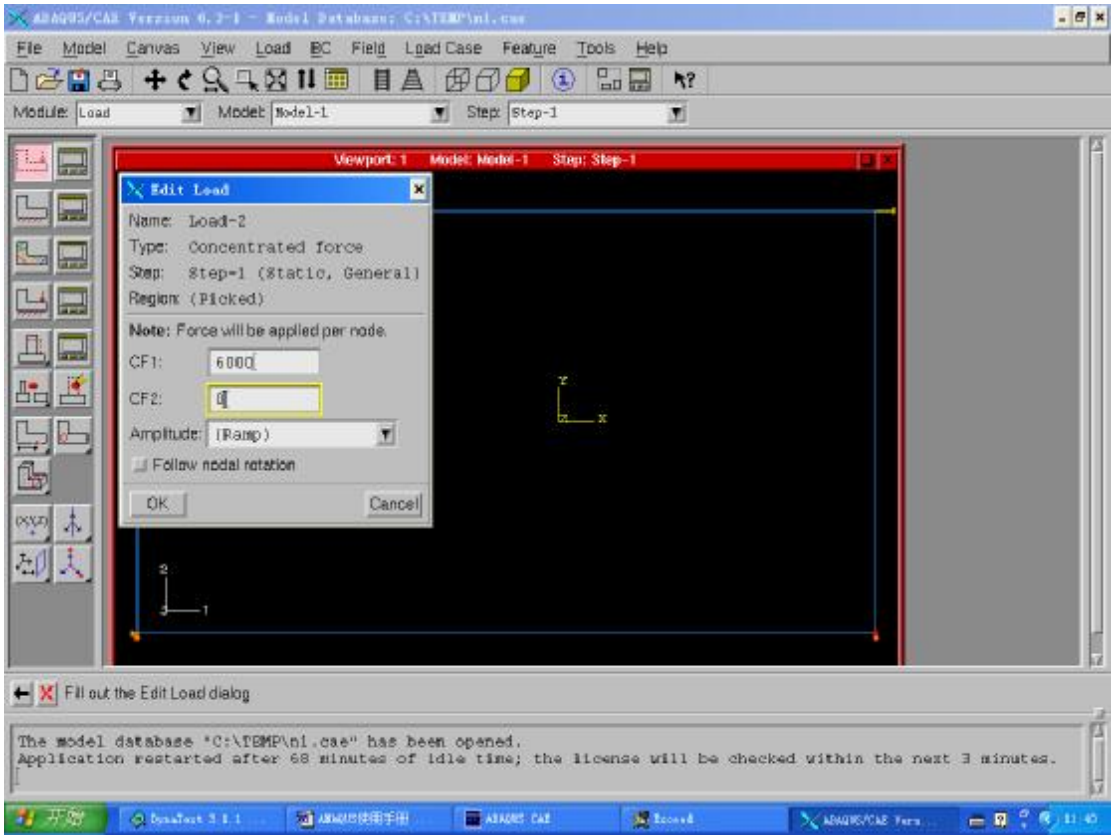
Line load:用于定义单位长度的受力。

Gravity:用于定义一个固定方向的加速度。通过在 Gravity Load 中所键入的加速度值以及先前所定义的区域的材料密度，ABABQUS 可以计算出施加在这个区域中的荷载。用于动态。

Generalized plane strain load:定义一个轴向荷载，将其应用于具有平面应变区域内的参考点上。在其复选框内，需要选择力的大小，力关于 X 轴的转矩，力关于 Y 轴的转矩，并将其应用于参考点。

Rotational body force：此项定义了一个施加在整个模型上的旋转的体力。

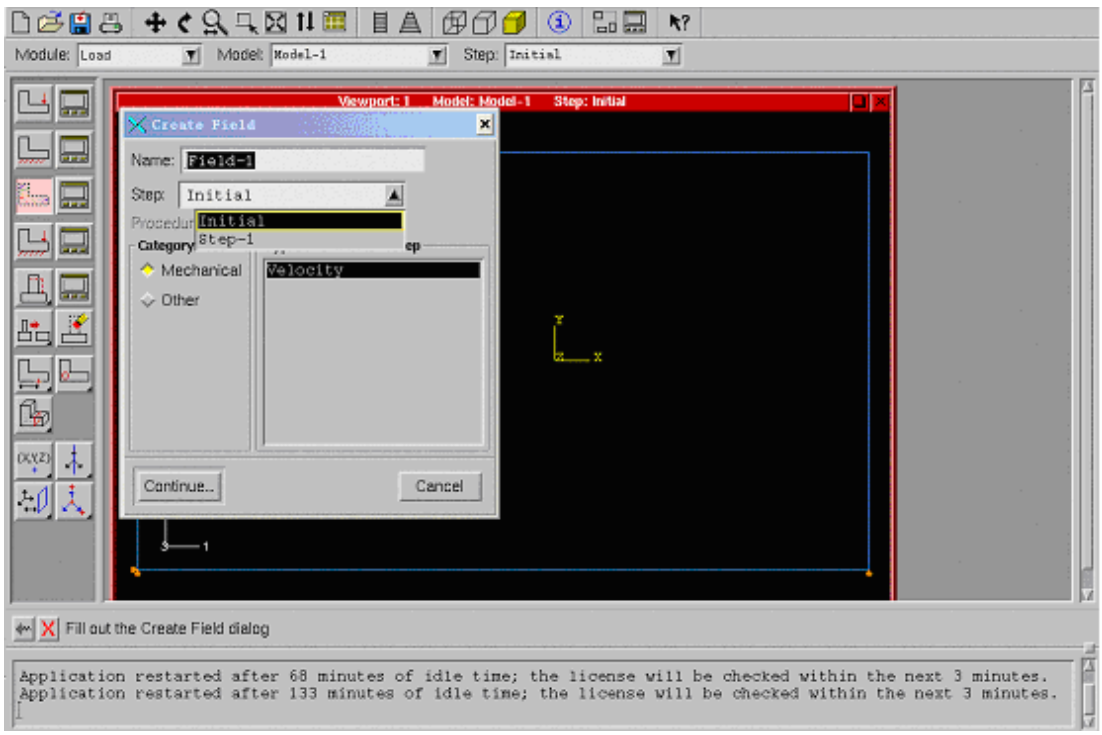
在金属板平面应力的例子当中，我们使用的是集中力，大小为 6000。如下图：



Follow nodal rotation:默认为 toggel off,因为此时模型为小变形，可以认为力的方向不随模型变形方向的改变而改变。而在大变形中，则不可以忽略这种改变，应选 toggel on.

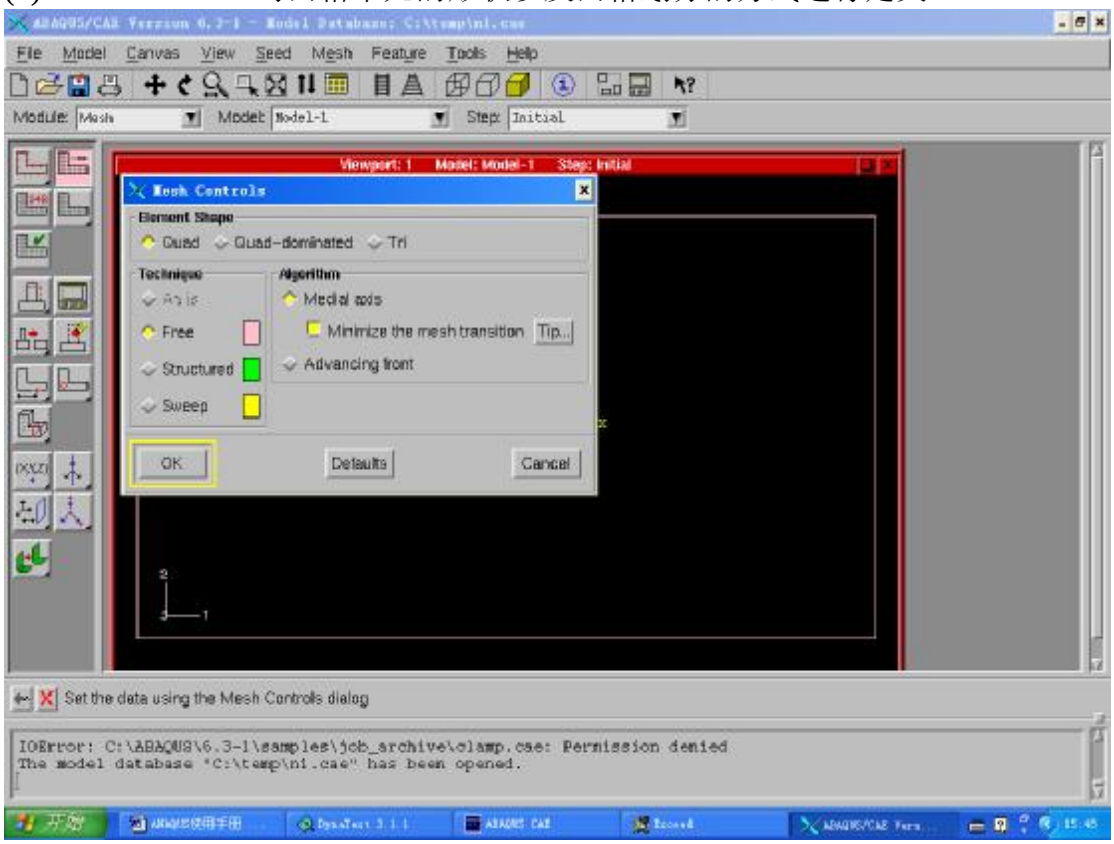
下面简单介绍 Field 复选框的用法。

Field→Create

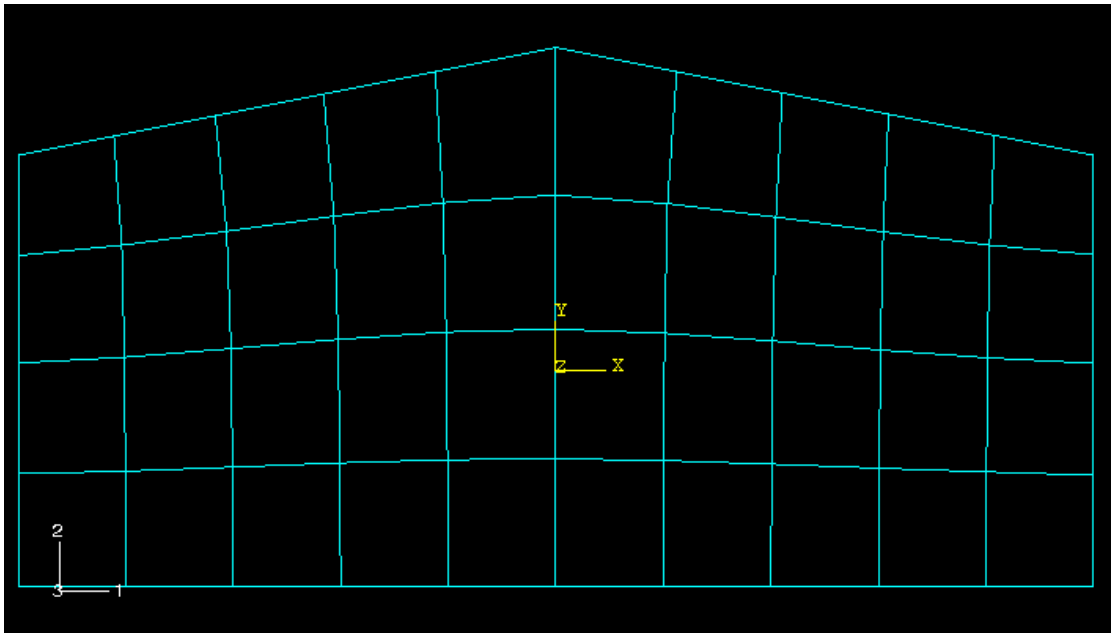


在 Field 复选框中可以定义两种场变量：速度场和温度场。

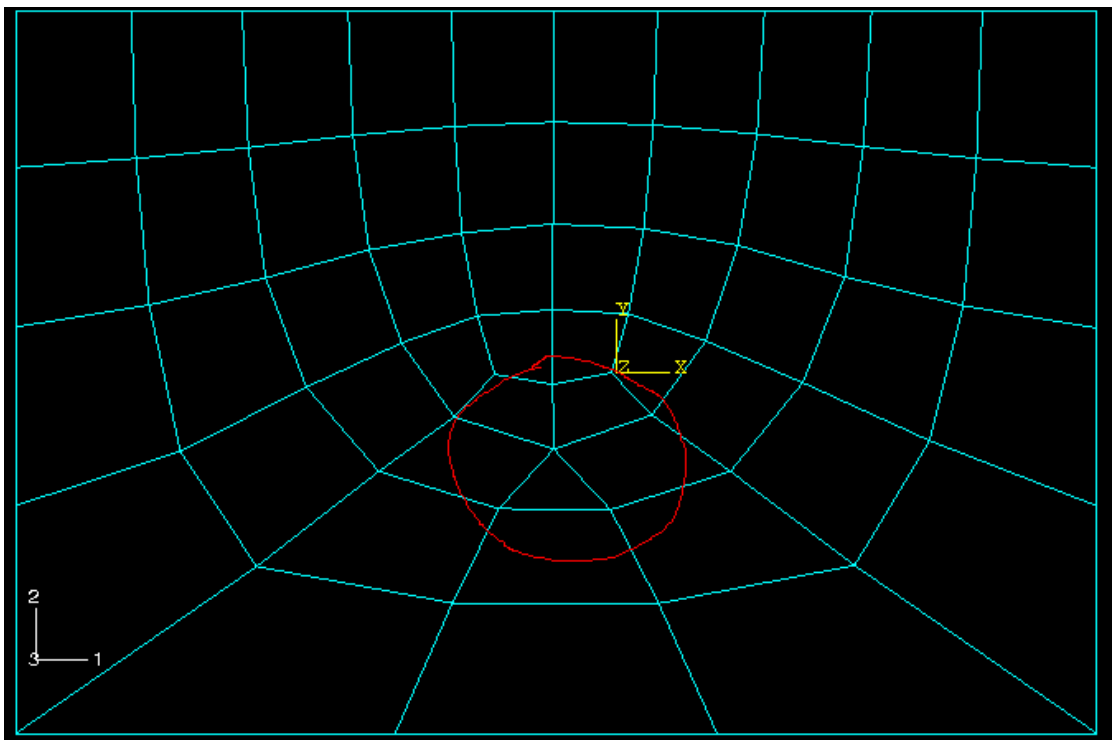
速度场在起始步中定义，用以定义所选区域的起始速度。
温度场在分析步中定义，用以定义所选区域温度场在数值和时间上的变化。ABAQYS 将把所定义的温度场赋个给所选的对象。
Load case:用于各种不同条件下的加载，多用于动态，在此不再详述。
7.MESH 步：在这一步当中你可以产生一个集合的网格划分，根据分析的需要，你可以对网格划分的方式进行控制，系统会自动产生不同的网格划分。当你修改 PART 步和 ASSEMBLY 步中的参数时，系统在此步会自动生成适合于这个模型的网格划分。当然，由于 ABAQUS 在网格划分方面的功能还不够强大，不能够完全按照作者的意图随心所欲的进行划分，因此，可以用 Patran 或 Hypermesh 等软件生成网格，然后导入至 CAE 中。
(1)Mesh→controls:对网格单元的形状以及网格划分的方式进行定义。



Element type:①Quad:完全使用四边形网格单元，而不使用任何的三角形单元。此项为系统默认值。如下所示：



②Quad-dominated:主要使用的是四边形的网格单元，但是在过度区域允许出现三角形网格单元。如下图所示：



③Tri:完全使用三角形网格单元，而没有四边形单元。不再举例了。

当然，以上是对平面图形进行网格划分，如果是对立体图形进行网格划分，那么相应的选项如下：

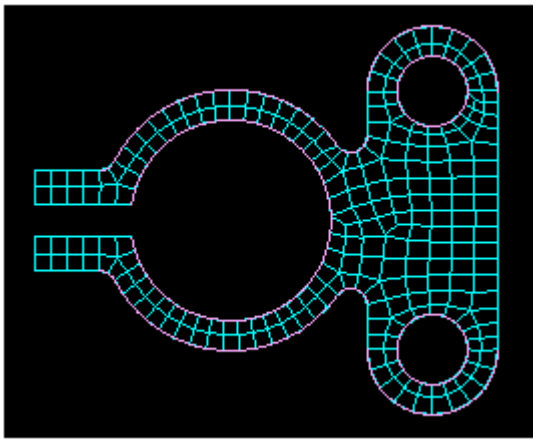
① Hex:完全使用立方体(六面体)网格单元。

② Hex-dominated:主要使用六面体网格单元，在过度区域允许使用三棱锥(四面体)网格单元。

③ Tet:完全使用三棱锥(四面体)网格单元。

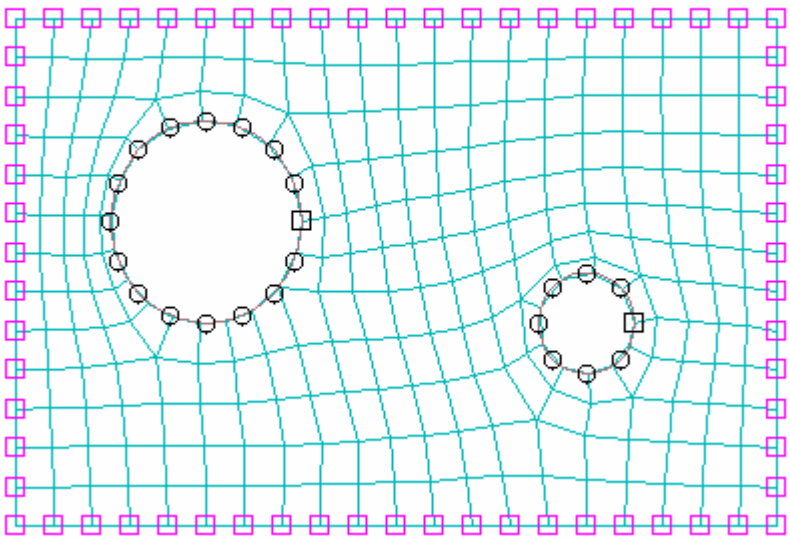
Technique:①free:自由划分网格，也就是说，在这种网格生成之前，不可能对所

划分的网格模式进行预测。这种划分方法具有很强的灵活性。适用于模型区域的结构形态非常复杂的情况。对于二维区域，可以使用三角形，四边形或者二者混合的单元形状；对于三维区域可以使用三棱锥单元。下面分别介绍这两种情况：Free meshing with quadrilateral and quadrilateral-dominated elements：用四边形或以四边形为主的单元自由剖分。如下图所示：



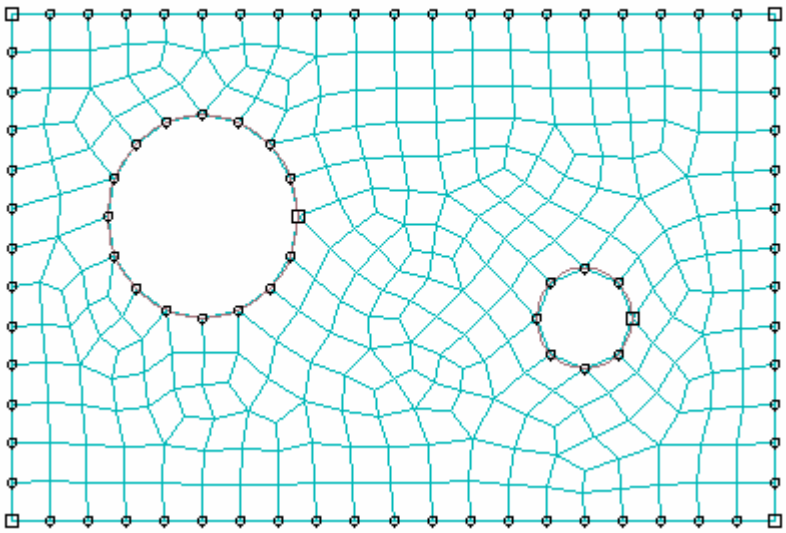
在含有四边形单元的剖分方式中，ABAQUS 还提供了一个复选框，即算法复选框，其中有两个选项： 1. 中间轴算法：当使用这种算法的自由剖分方法时，系统先将整个区域分割成规则的网格区域，然后再对更小的部分进行划分。对于虚拟结构(Virtual Topology)和不精确部分(imprecise part)，最好不要使用中间轴算法。但是，如果将中间轴算法与固定布种(fixed seed)结合起来时，系统会自动的选择最佳的布种数量和布种的最佳位置。如下所示：

Fixed and movable seeds and the medial axis meshing algorithm.



需要注意的是，使用中间算法自由剖分的时候，四边形和三角形兼有的网格单元模式与完全四边形网格单元模式实质上是相同的。但是，前者在区域中插入了一些独立的三角形，使之得以与种子更好的匹配，因此，前者比后者能够产生一个更快的网格划分。2.进阶算法：当使用这种算法的自由网格剖分时，系统首先在区域的边界上产生了四边形的网格单元，然后逐步的在区域内部产生四边形网格单元，使之真正的与网格种子相匹配。如下图所示：

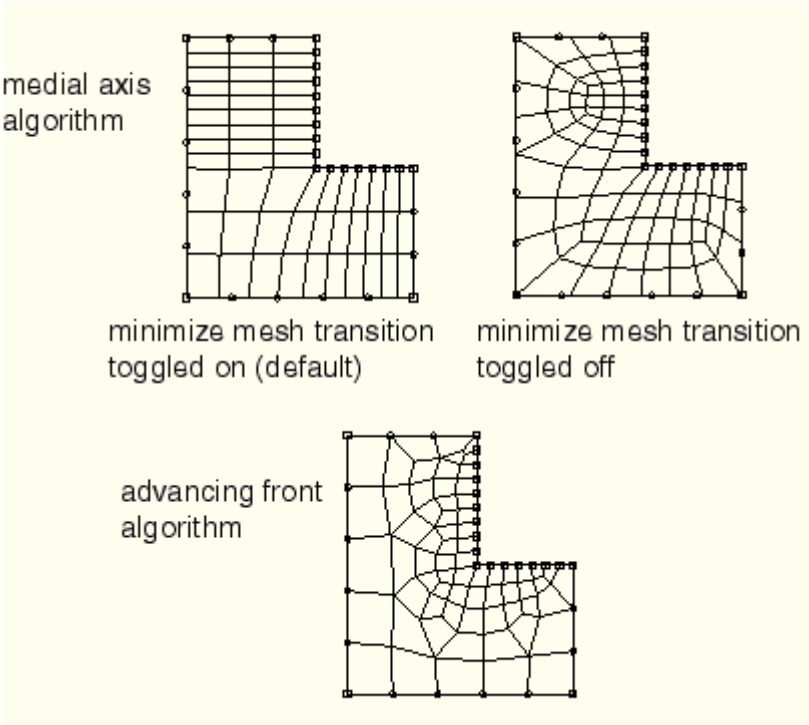
Fixed and movable seeds and the advancing front meshing algorithm.



Advancing front 选项的优点在于它能够实现网格的过渡，这是我们所需要的。然而，在较窄区域内匹配每粒种子会影响网格划分的质量。相对于中间轴算法而言，进阶算法适用于那些具有不精确部分(对于一个被导入的模型部分，如果必须使用一个更宽松的公差才能在 CAE 创建一个与这个模型部分相似的模型的话，那么这个被导入的模型部分就被认为是不精确的)和虚拟结构(忽略了小边，小面等不重要部分的结构，以后将在 TOOL SET 部分讲到)的模型。

说明:；当使用中间轴算法进行自由剖分时，通过系统默认，ABASQUS 使得网格的过度最小化，网格过度的最小化可以更快的生成更好的网格。然而，这种方法生成的结点很容易偏离种子。下图列举了使用和不使用网格过度最小化的中间轴算法以及使用进阶算法所构筑的网格划分的不同：

The effect of mesh transition and the meshing algorithm.

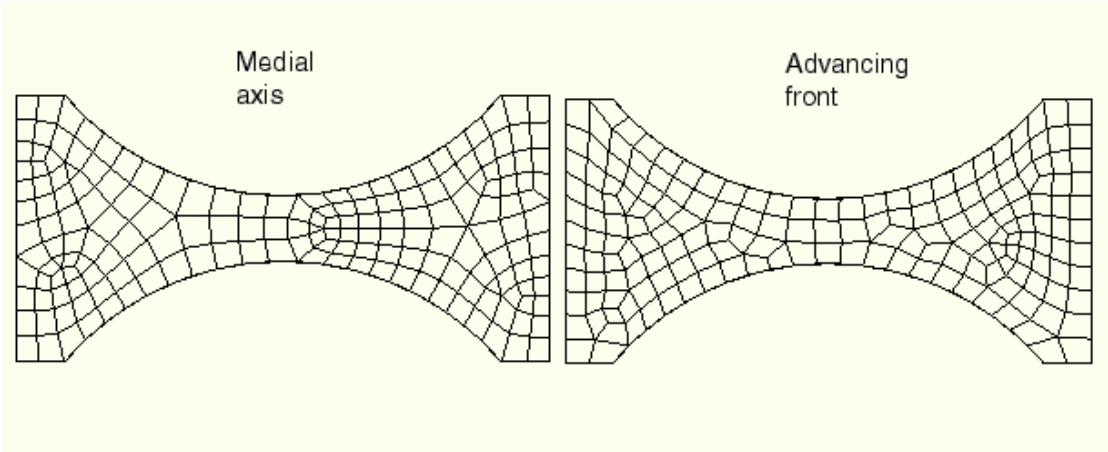


中间轴算法(medial axis algorithm)和进阶算法(advancing front algorithm)不同：

我们注意到，当使用四边形或主导四边形单元的自由剖分方法 MESH 一个面的时候，ABAQUS 会让你选择不同的算法。如果模型被分成了一个以上的区域，你也可以对不同的区域选择不同的算法。

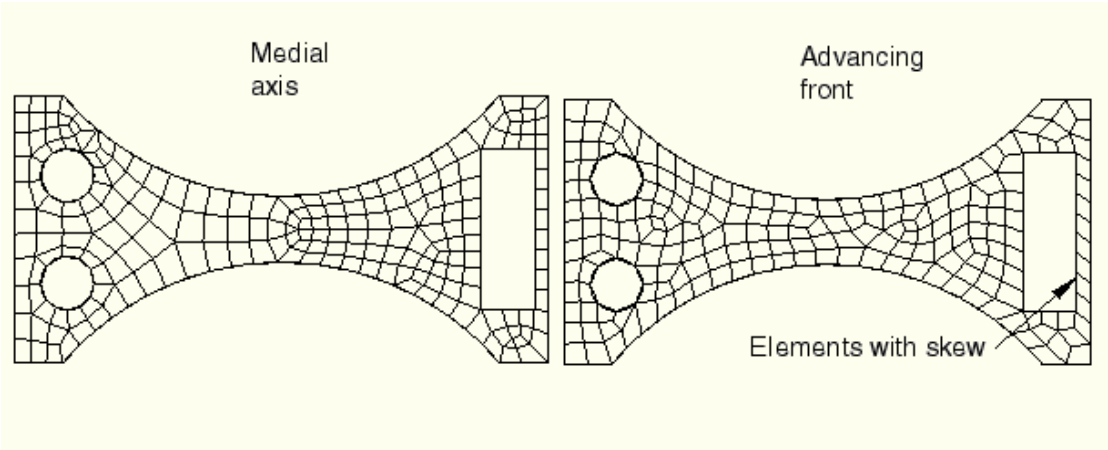
中间轴算法：这种算法首先把将被网格划分的区域分解成一组更简单的区域。然后使用结构化划分方法(一种不同于自由划分方法的划分方式)将单元充填至这些简单区域中。对于完全四边形元素而言，这种算法被设置为系统的默认值。如果将被网格划分的区域相对的简单，并且包含了很大数目的单元，那么这种算法所用的时间要少于进阶算法。使用中间轴算法下属的 minimize the mesh transition 选项(即网格过渡最小化)可以提高网格质量，但这个选项只用于四边形单元网格划分。

进阶算法：这种算法实现的方法在前面已经介绍过。它首先在区域的外边界部分生成四边形单元，然后四边形单元在随着由区域表面向区域内部的逐步移动中继续被生成。对于主导四边形网格而言，系统的默认值为进阶算法。而且，用进阶算法所产生的主导四边形网格都可以很好的与种子相匹配。对于其它的网格而言，用进阶算法生成的元素比用中间轴算法生成的元素能更好的与种子相匹配。进阶算法支持虚拟结构和不精确模型，而中间轴算法则不支持。下面是用两种算法的四边形主导单元进行的网格划分的例子：



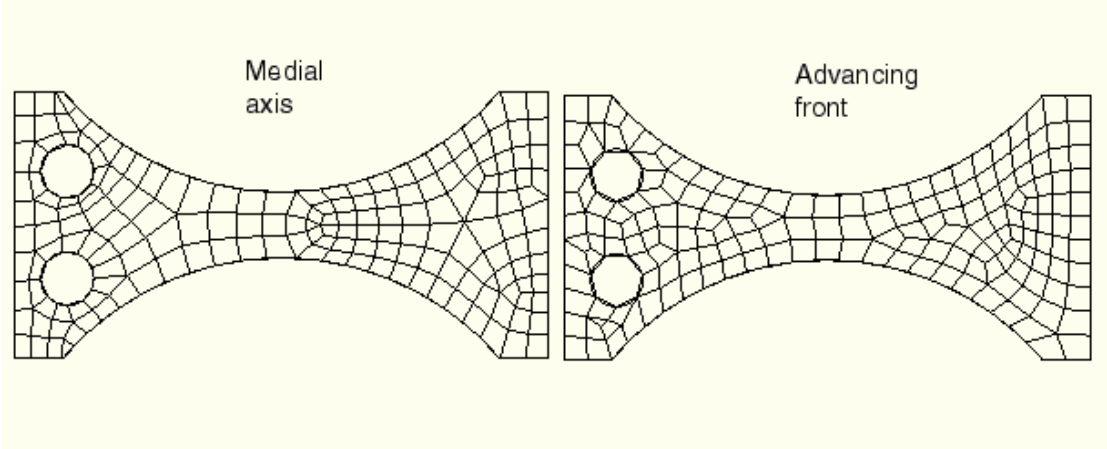
从图中可以看出，两种算法产生的网格都令人满意。

如下图所示，由于进阶算法所产生的元素总是与种子相对应，因此由此导致的较窄区域的网格元素可能会有歪斜。



通过下面的例子，我们可以看出进阶算法更能够产生具有统一面比率的均匀的单

元尺寸。

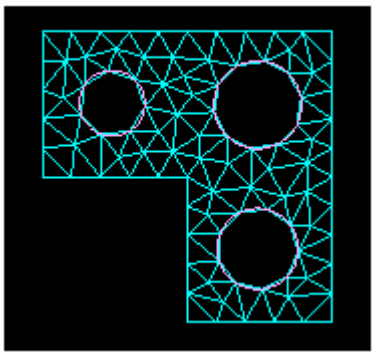


均匀的单元尺寸在分析中会扮演很重要的角色。例如，如果你在ABAQUS/Explicit 中创建了一个网格，网格中的小单元会限制时间的步长。除此之外，如果必须要求单元和结点的对应，那么优先选择进阶算法。

下面讲一下使用三角单元进行的自由网格划分

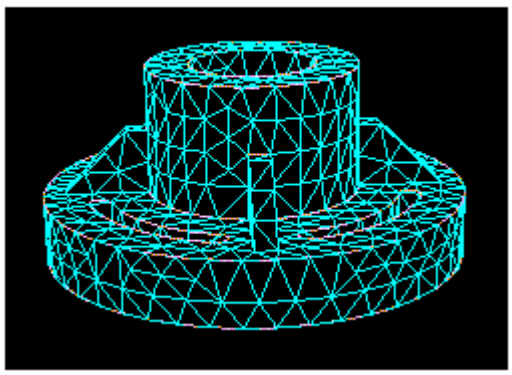
Free meshing with triangular and tetrahedral elements：用三角或三棱锥网格单元进行网格划分。它使用于任何平面或曲面，模型可以是精确的也可以是不精确的。三角单元的自由划分可以处理变动很大的单元尺寸，这在对已经划分完毕的模型中的某一部分进行细化时是非常有用的。系统用来计算三角自由划分的时间随着单元和结点数量的增加而线性增长。下图就是三角单元的一个自由剖分：

A free mesh generated with triangular elements.



三角单元的自由网格划分几乎可以应用于任何三维的区域；下图显示了一个三棱锥网格划分的例子，在这里不可以使用立方体单元。

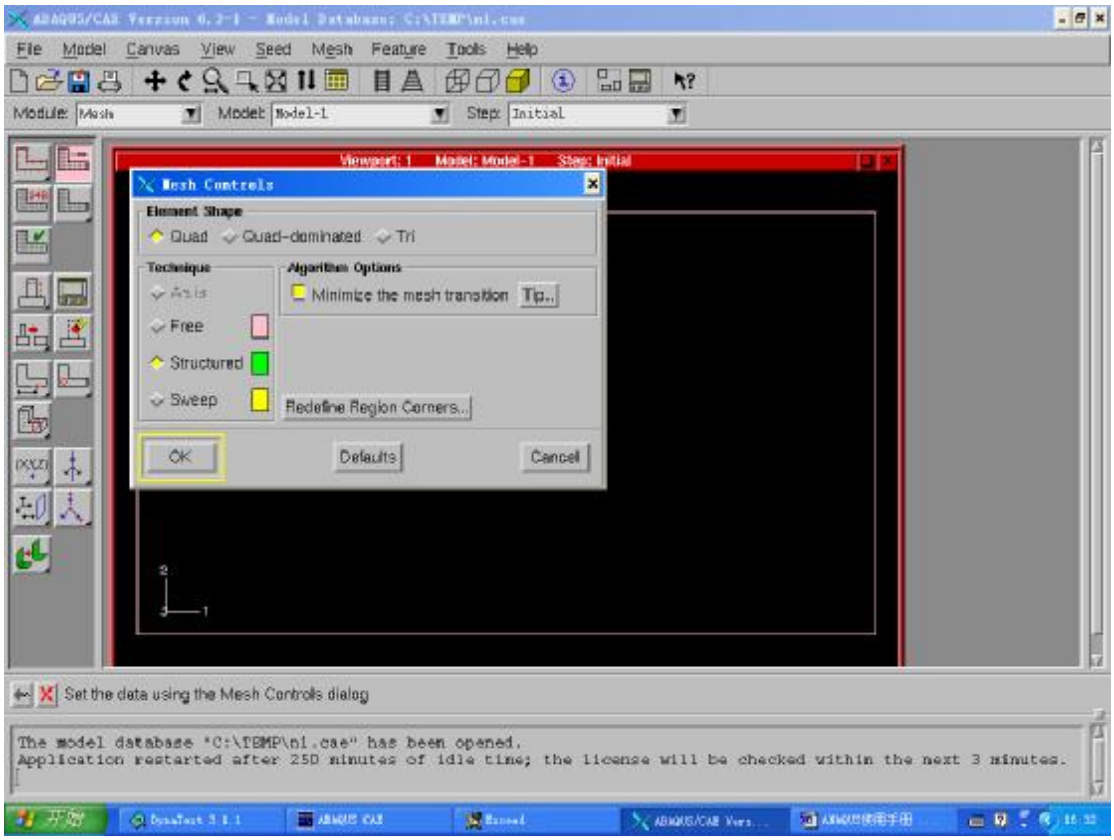
A free mesh generated with tetrahedral elements.



对于形状较复杂的模型，在应用三角单元自由剖分时，应该先用 Query 中的 Geometry Diagnostics 检查部分或集合的几何状况，以确保固体内没有自由边，短边，小平面以及没有具有小平面的顶角。实体的三角单元的网格自由划分由两个阶段组成：首先是在固体区域的外表面生成三角形的边界网格，然后使用三角形生成三棱锥网格作为外部的三棱锥单元的面。

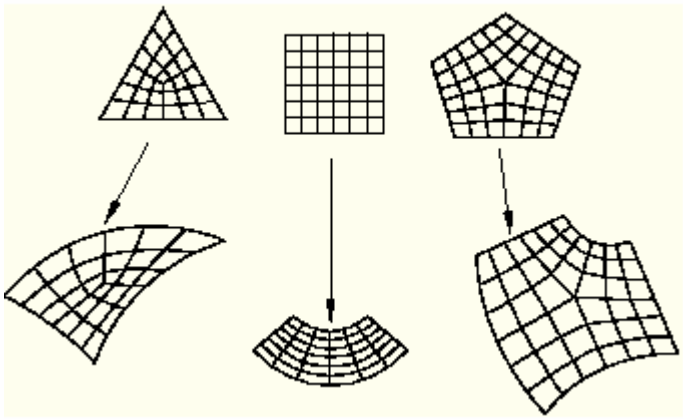
如果你的模型是复杂的，那么生成三棱锥网格是很耗时的。为了节约时间，我们可以在网格划分的第一阶段查看以下边界面上的三角形单元，如果看起来可以接受，我们可以继续对区域内部进行剖分；如果不行，则可以试着设定更细的种子。系统会突出的显示网格划分失败的任何边界上的面。失败的原因经常是因为种子分布太疏或者是将种子赋给了微小的边和面。如果微小的边或面使得系统不能产生一个令人满意的四面体网格，我们可以使用修理工具去除多余的边或点，也可以去除面或空隙处的缝。可以用 toolset 中的 Virtual Topology 命令来忽略微小的边或面。第三种方法是使用 partitions 分割又长又窄的面或晶胞以减少其面比率。

Technique:②Structured:结构化网格划分方法,它使用简单的,预先定义的网格结构来产生结构化网格。



在结构化网格划分方法中，只适用于四边形或主导四边形单元，ABAQUS/CAE 将规则形状的网格(例如正方形或正方体)应用于将要被网格划分区域的表面。下图说明了三角形，正方形和五边形的网状模块是如何被应用到更加复杂的形状的。(这个更加复杂的形状指的是由这些平面的三角形，正方形，五角形经过变形或弯曲后所相应形成的弯曲的三边形，四边形和五边形)

Two-dimensional structured mesh patterns.

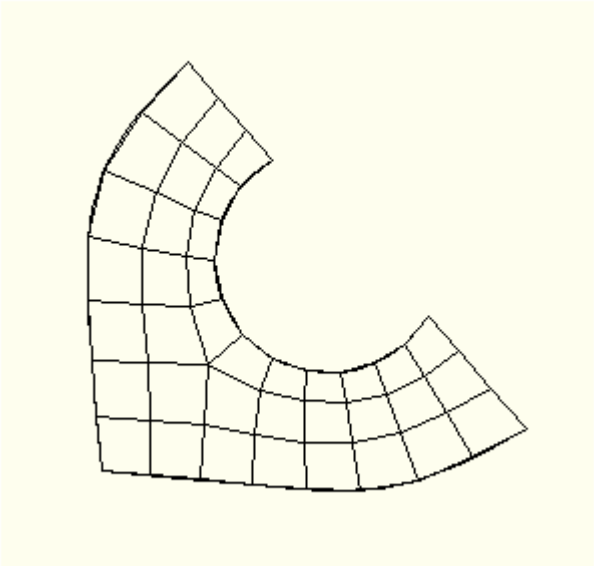


(图 1)

结构化网格划分方法适用于那些已经被赋予了四边形或主导四边形单元的二维区域以及赋予了立方体或主导立方体单元的三维区域。

如果使用其他的网格划分方法，那么网格边界的结点总是位于模型几何区域的表面上。然而，当使用结构化网格划分方法创建网格的时候，网格内部的结点有可能游离于模型的几何区域之外，从而导致一个扭曲，无效的网格。这个问题一般发生在具有中凹特性的曲面上。例如，下面所示的图形是一个五边形的平面结构，如果使用结构化网格划分方法，那么四边形网格元素将被均匀的分布其中，从而形成了一个网格划分规则的五边形区域。如下示：

The mesh pattern for a regular pentagon is applied to the region.



(图 2)

我们可以这样理解“网格内部的结点可能游离于模型的几何区域之外”这句话：首先，结构化网格划分方法的特点在于这种方法可以将简单的规则区域的网格划分转变到我们想要的网格划分的几何区域上。以正方形为例，如上图 1 所示，中间是一个已经被划分好的平面正方形区域，弯曲后，就变成了我们所需要的二维图形(箭头所示)，此时就自然形成了这个弯曲平面图形的网格划分，原来正方形区域的正方形网格元素就变成了弯曲后的四边形网格元素，不再是正方形元素了。我们也可以用同样的方式解释图 1 中的三角形和五边形区域的转变。正是因为结构化划分的上述特点，才使得所有被结构划分的区域中的网格分布都尽可能

的趋于对称。图 2 是一个规则的五边形中凹区域，保持其它边的种子不变，减少位于最内层的高弧度边上的种子数目(图 3 所示)，然后用结构化划分方法重新划分，得出的结果如图 4，我们从图中可以看出，位于网格线(任选一条，用红色标记)内部的结点(用实心小圆球标记)已经不在五边形区域之中了，而是游离于其外。而位于网格线边界的结点则仍然属于这个五边形区域。

Seeds prescribing a coarser mesh.

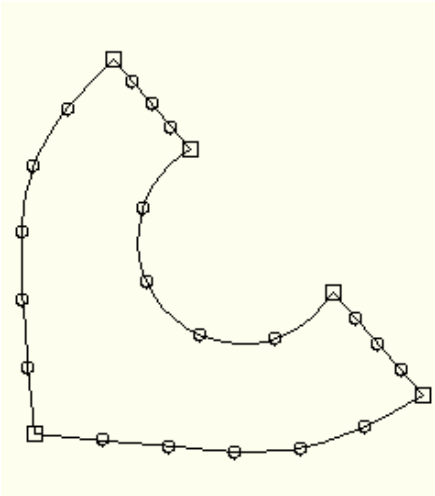


图 3

Nodes from the interior of the mesh fall outside the region's geometry

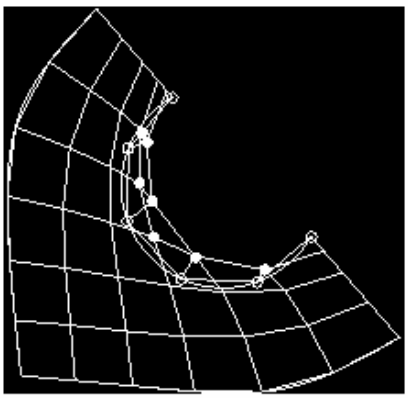
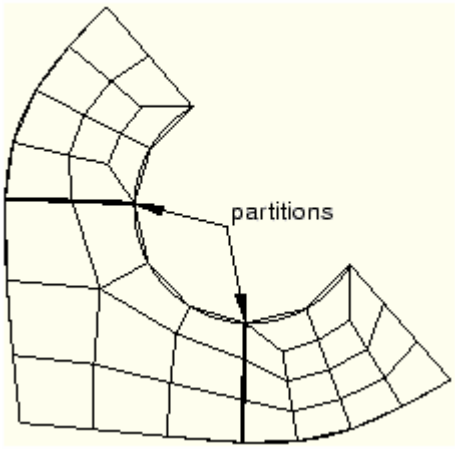


图 4

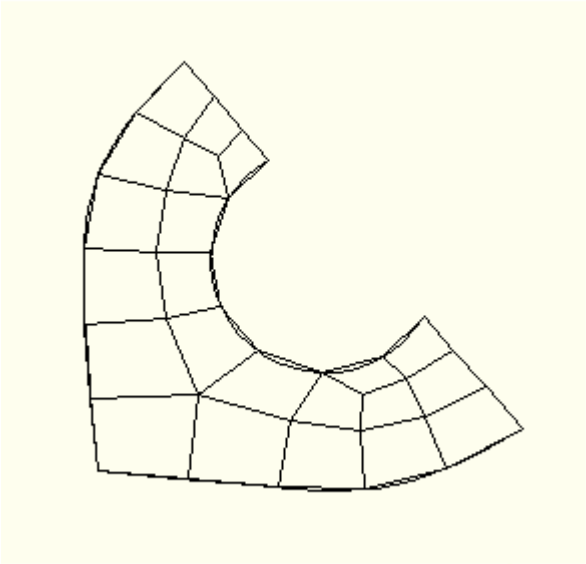
上述情况可以通过下列方法解决：①改变网格的种子，重新进行网格划分。对于上例就要将图 4 中的高弧度边上的种子数增加到图 2 的情形。②将模型划分成更小的且更规则的区域。下图就将模型划分成三个规则的区域。

Partition the region.



④ 可以选择不同的网格划分方法。这种方法最适合二维模型区域，可以将原来的结构化划分方法转变为自由网格划分方法，而且在网格中仍然可以保留四边形元素。三维模型自由网格划分限于四面体元素。将上述模型转化成自由网格划分的效果图如下：

Mesh the region using the free meshing technique.



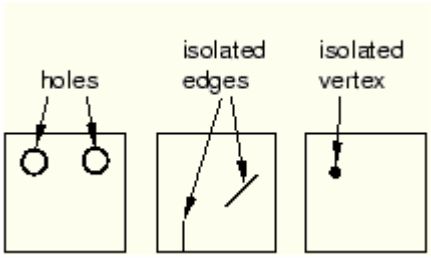
上图中的网格是不对称的，是典型的自由网格划分。

上面我们对结构化网格划分有了初步的了解，接下来我们分别讲述二维和三维结构化网格划分。

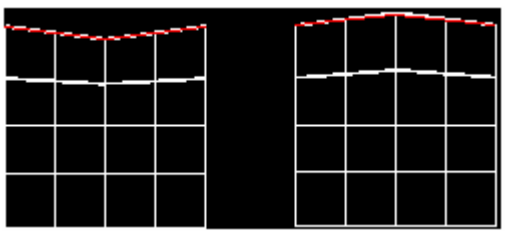
㈠二维结构化网格划分

具有以下特征的二维区域才可以进行结构化网格划分：

① 区域内没有孔洞，孤立的边，或者是孤立的点。



② 模型区域有三到五条逻辑边(我们可以把近乎直线的两条边看作是一条逻辑边，如下图所示)组成，每条边之间相互连接。

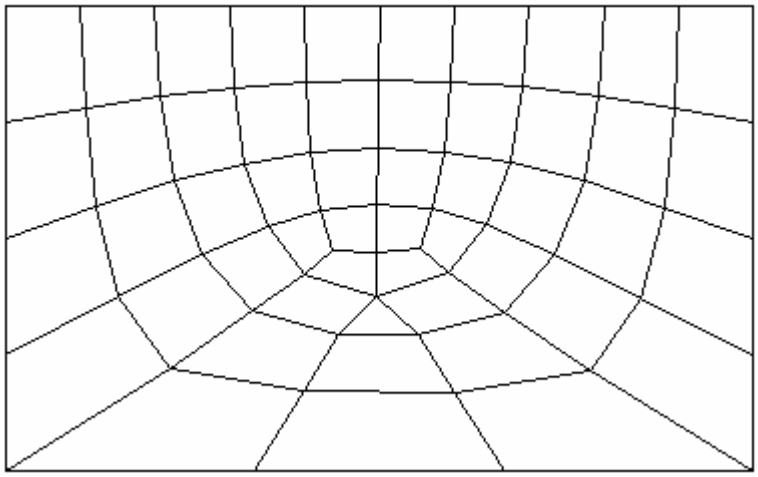


(如红线所示的两条边均可以看作是一条逻辑边)

一般来讲，在三种划分方法中，结构化划分方法能够最好的对 CAE 所产生的网格进行控制。如果你想用完全四边形元素对一个四条边区域进行网格划分，那么网格单元的边在边界上必须分布均匀。对于三边形或五边形区域，限制条件将会更加复杂。当使用结构化划分时，系统会考虑种子分布(所谓的种子分布是指种子的空间排布，与种子的数量无关。比如说，种子分布关心的是种子到底是沿着一条边均匀的排列还是在这条边的末端更加集中一些).不过，在两个区域过渡的地方网格必须协调，比如说，两个相邻的区域分别用的是结构化和自由网格划分，

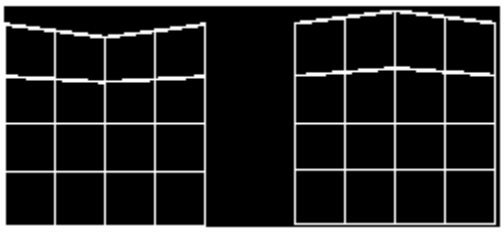
那么系统就可能调节网格区域的结点以使得过渡区域的网格划分协调，正因为如此，可能使得实际的元素结点不相互匹配。
当你用结构化主导四边形元素划分一个四边形区域时，系统会插入一个单独的三角形，由此产生的网格很好的与种子相匹配，如下图所示：

ABAQUS/CAE inserts a single triangle into a four-sided region.

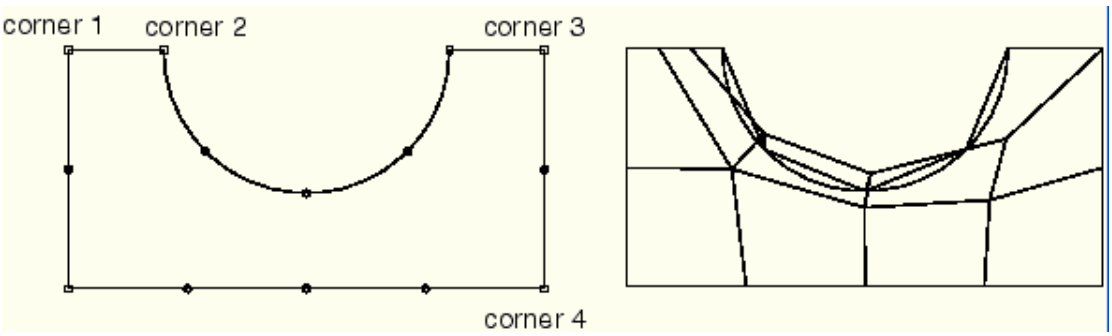


然而，当你用结构化主导四边形元素划分三边或五边形区域时，系统将不会插入任何三角形，由此产生的网格使用的是完全四边形元素；而且网格也可能与种子不匹配。如果两条边所成的角度很小的话，系统会自动将这两条边看作成一条逻辑边.因此，对于一个五边形区域而言，将会应用一个四边形的网格划分模式。如下所示：

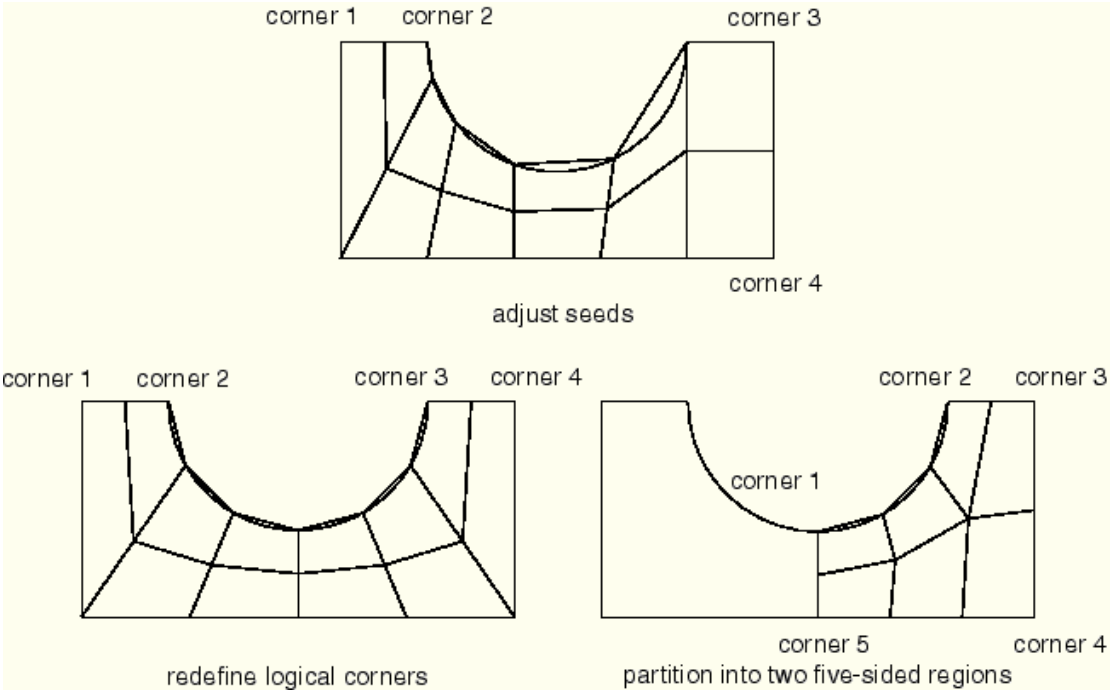
Edges subtending shallow angles.



如果你想用结构化四边形元素对一个区域进行网格划分，那么这个区域必须要有比较规则的形状，否则系统将会生成一个无效的网格。下图即为所展示的无效的网格。

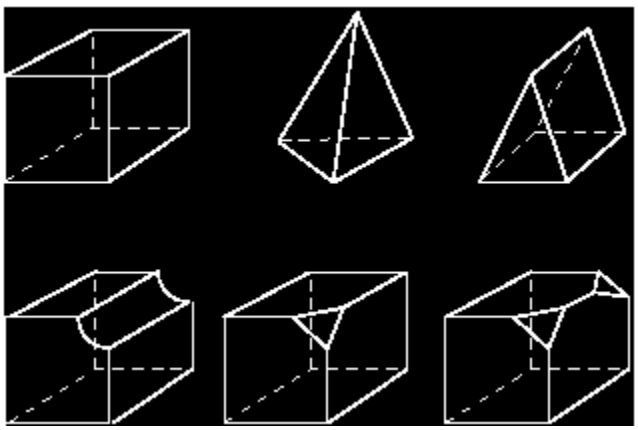


如果发生上图这种网格中包含无效的元素，我们可以用三种方法去纠正①调整网格种子的位置②利用 Redefine the region corners 命令③将区域分割为更小且形状更规则的区域。运用这三种方法所得的结果如下图所示：



㈡三维结构化网格划分

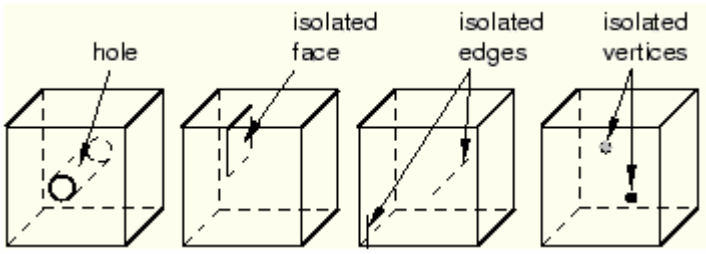
下图显示了能够直接用结构化网格划分方法划分的简单三维图形。



如果要使用这种方法划分更复杂的区域，可能需要进行人工分割。如果不进行分割，你唯一的选择可能就是自由网格划分。

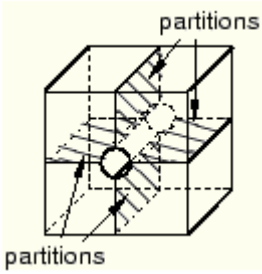
如果要想成功的使用结构化网格划分方法划分一个三维区域，必须具备下面的特征。

① 区域内不能够有任何孔洞，孤立的面，孤立的边或者是孤立的顶点。如下所示：

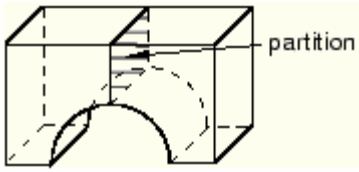


对于孔洞问题，你可以通过对孔洞进行分割来达到消除孔洞的目的。例如，下图

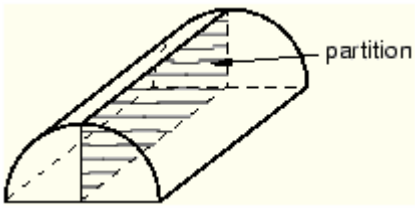
中的四次分割将一个具有孔洞的区域转变成了四个不包含孔洞的区域。下图所示：



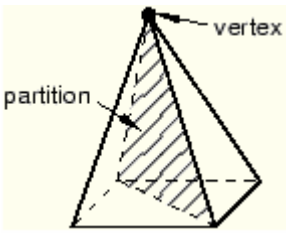
②面和边上的弧度值应该小于 90 度，或者至少应该避免面和边上的凹面或凹度的出现。下图就是将一个 180 度的凹面分割成了两个 90 度的凹面。



② 三维物体的所有的面必须要保证可以用二维结构化网格划分方法划分。例如，下图所示模型的两个半圆形末端在分割前各有两条边（注意：结构化网格划分方法只适用于具有三条或三条以上边的面），如果将这个模型分成两半，那么末端的两个半圆就被分解成了四个具有三条边的面。



③要保证区域的每个顶点有三条边汇合才可以使用结构化网格划分方法。例如，下图所示，棱锥分割前顶点处有四条边交汇，如果将这个棱锥分割成两个四面体，那么每个四面体的顶点处仅仅就有三条边连接，就可以进行结构化划分了。如下图：



④三维区域必须有至少四个面(例如四面体区域).如果一个区域少于四个面，你就应该分割这个区域以产生更多的面。

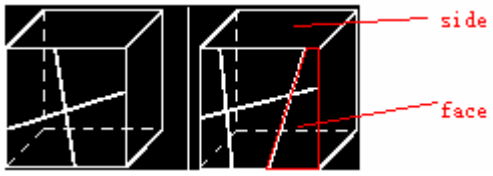
⑤面之间所成的角要尽可能的接近 90 度；如果面之间的角大于 150 度，那么就应该对它进行分割。

⑥构成区域的面必须符合以下要求：(在英文中，side 指大面，face 指大面中包含的小面).

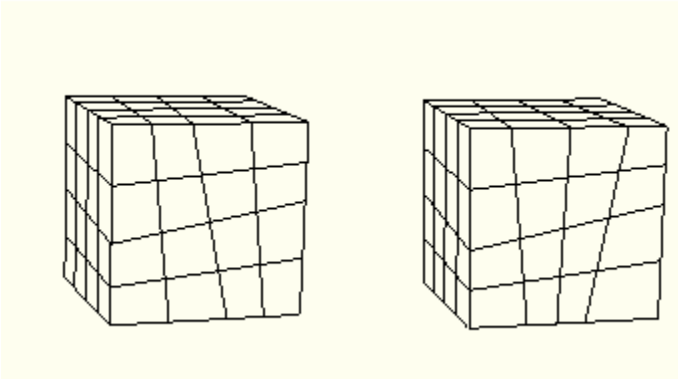
第一：如果三维区域不是立方体的话，side 只能对应于一个 face；也就是说，side 不能够包含多个 face。

第二：如果三维区域是一个立方体，side 就可以由多个相同几何形状的 face 所组

成。然而，其中的每个 face 必须有四条边。除此以外，face 必须满足这样一种要求，即当立方体被网格划分的时候，要保证沿着 face 的立方体元素呈现出规则的网格形状。如下图，图 1 就是一个符合要求的 face 模式,而图 2 则不符合要求。



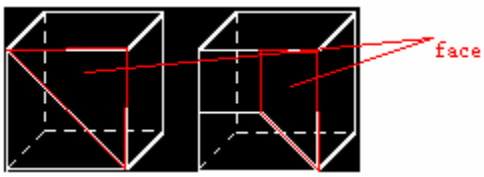
(图 1)



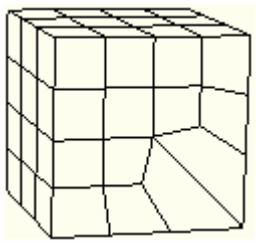
(由图 1 生成的网格)

上图使用结构化网格划分立方体所生成的网格，结果生成了规则的网格模式，在被划分的 side 上，行和列的结点排列很连贯。

而下图则是一个不符合要求的 face 模式。



(图 2)



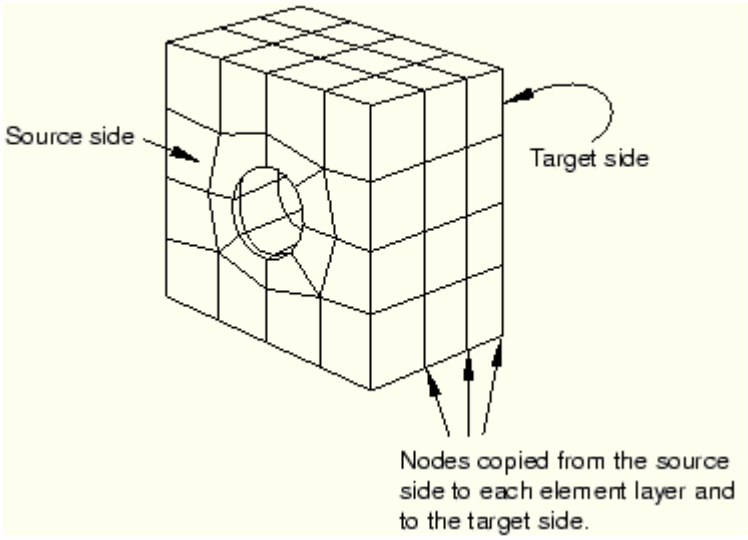
(由图 2 所生成的网格)

图 2 左不可以使用结构化网格划分方法，因为每个 face 仅仅有三条边。图 2 右虽然每个 face 都有四条边，但是在被分割的 side 中所生成的网格元素不规则，所以也不宜使用结构化网格划分。

Technique:③Sweep:扫描式网格划分。这种类型的网格划分一般用于划分复杂的挤压件或者是旋转体。这种网格划分大概分为两步：首先，系统在区域的一个面上生成网格，这个面叫做起始面。然后，系统自动拷贝这个面网格上的结点，一次前进一个元素层，直到达到最后一个面，即目标面为止。由于系统可以沿着连接起始边和目标边的直边拷贝生成网格，所以这种方法叫做扩展式扫描网格划分。另外，系统还可以沿着连接起始边和目标边的圆弧边拷贝生成网格，这种方法叫做旋转式扫描网格划分。下图显示了一个扩展式扫描网格划分。系统首先在起始面上生成了一个二维网格，然后沿着直边逐层(每层为一个单位网格)拷贝二

维网格的每个结点，直到到达目标边为止。

The swept meshing technique for an extruded solid.



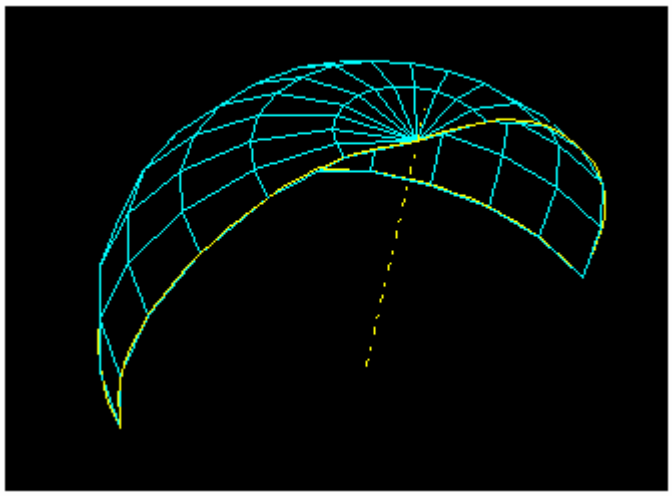
为了确定一个区域是否可以使用扫描式网格划分，首先要检测这个区域是否可以沿着从起始边到目标边的直边或圆弧边进行复制，这叫做扫描路径。扫描路径必须是直边或圆弧边；不可以是任意曲线，系统自动选择最复杂的面(例如包含了独立的或独立的点的面)作为起始面。你不可以自己选择起始面和目标面。只能选择扫描路径。

以上我们对扫描式网格划分方式有了初步的了解，下面我们具体介绍一下如何应用：

① Swept meshing of surfaces:面扫描式网格划分。

在这种划分方式中，系统通过从起始面(此时仅为一条边)开始复制，沿着一个直边、曲边或者圆弧边直到到达目标面的方法扫描划分面区域。面扫描式网格划分可以应用于那些旋转度没有达到 360 度的弧面(如下图)。系统通过首先网格划分起始面(此处为一条边)，然后绕旋转轴旋转网格来达到网格划分面区域的目的。你可以使用四边形或者主导四边形元素将扫描式网格划分方法应用于面区域。然而，当起始边与旋转轴有一个交点时(如下图)，就必须使用主导四边形元素，因为网格划分的时候，在交点处会产生一层三角形元素。例如下图，起始边在模型的顶部与旋转轴相交。

A layer of triangular elements.

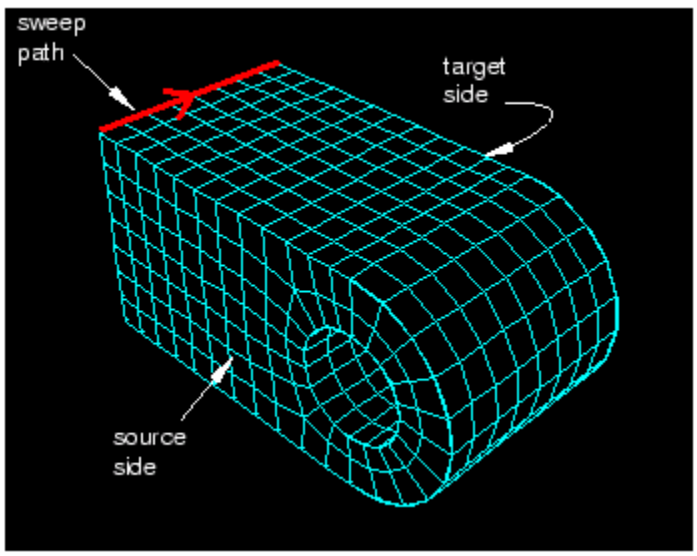


除了球面以外，系统不能够生成一个与旋转轴有两个交点的旋转面网格划分。

② **Swept meshing of three-dimensional solids:**体扫描式网格划分。

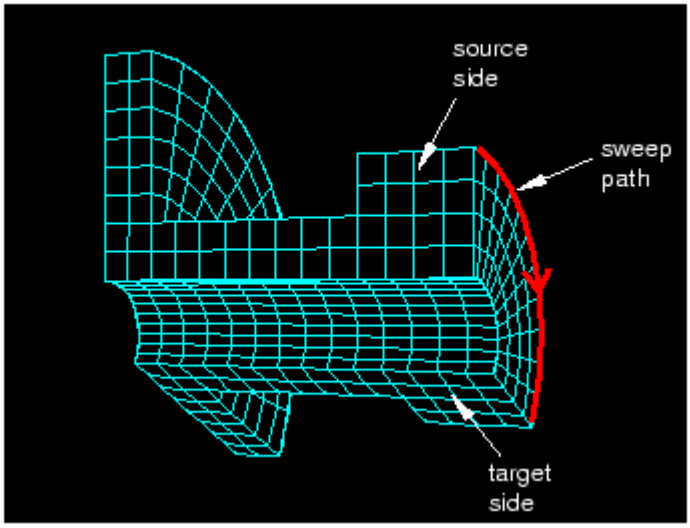
在这种划分方式中，系统通过从起始面开始复制，沿着一个直边或者圆弧边直到到达目标面的方法扫描划分面区域。在从起始面到目标面扫描的过程中，扫描区域的横截面必须保持不变以及为一个平面。如果能够沿着直边扫描起始面，系统便生成了扩展式扫描网格。下图显示了系统是如何网格划分起始面以及是怎样沿着直边向目标边扩展的。

The extruded swept meshing technique sweeps the mesh on the source side along a straight edge.



如果起始面能够沿着圆弧边扫描，系统就可以生成一个旋转式扫描划分。下图解释了系统是怎样对起始面进行网格划分以及是如何沿着圆弧边对网格进行旋转以达到目标边的。

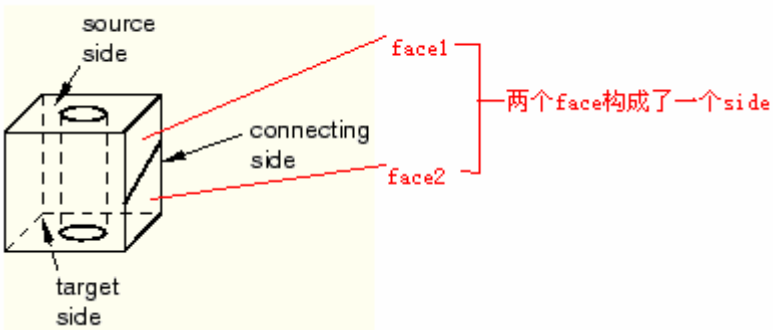
The revolved swept meshing technique sweeps the mesh on the source side along a circular edge.



对于已经赋予了六面体或主导六面体元素的区域，系统能够生成扫描式网格。如果你将六面体元素应用到这个区域，那么系统就会首先使用具有四边形元素的自由网格划分方法在起始面上初步生成二维网格。如果你将主导六面体元素应用到这个区域，系统就会首先使用具有主导四边形元素的自由网格划分方法在起始面上初步生成二维网格；作为结果，最后生成的三维网格中就可能会包含一列锲形元素。

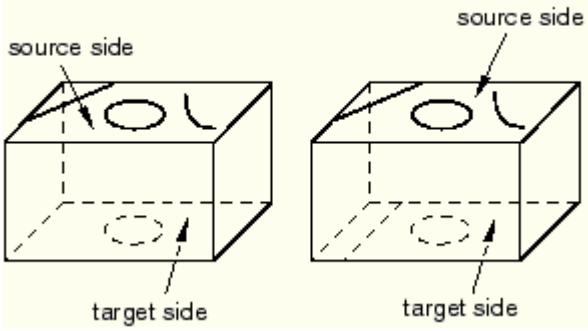
关于应用三维扫描式网格划分的一些限制：①连接起始面和目标面的的每一个 side(大面)只能包含一个 face(小面)，且不能够有孤立的边或点。例如下图就不可以用扫描式网格划分方法进行划分，因为连接面(side)上显然有两个小面(face).

A partitioned connecting side.



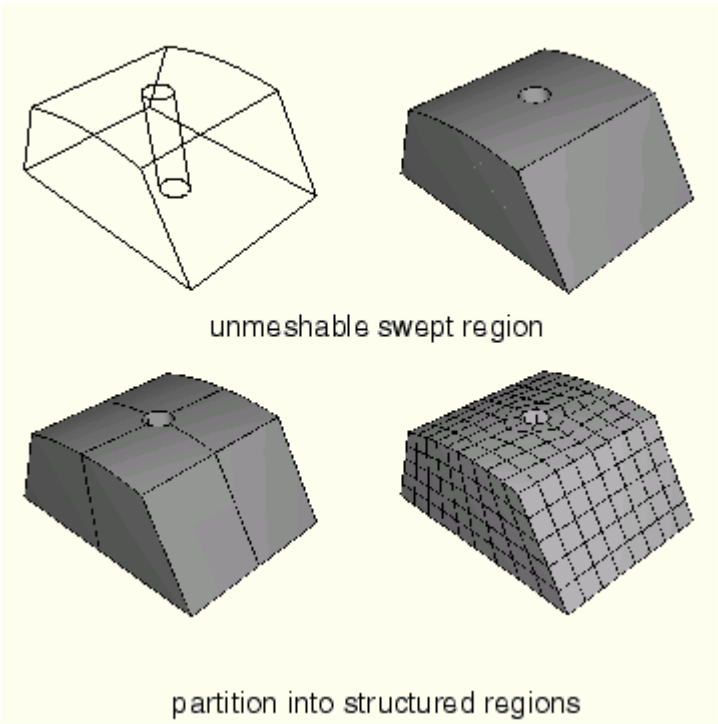
②目标面必须仅仅包含一个小面(face)，且没有孤立的边或点，然而对起始面没有这种要求。如下图，左边的区域能够使用扫描式网格划分，因为所有孤立的边都在起始面上；然而，右边的区域不能够使用扫描式网格划分，因为目标面包含有两个小(face).

Only the region on the left can be meshed using the swept meshing technique.



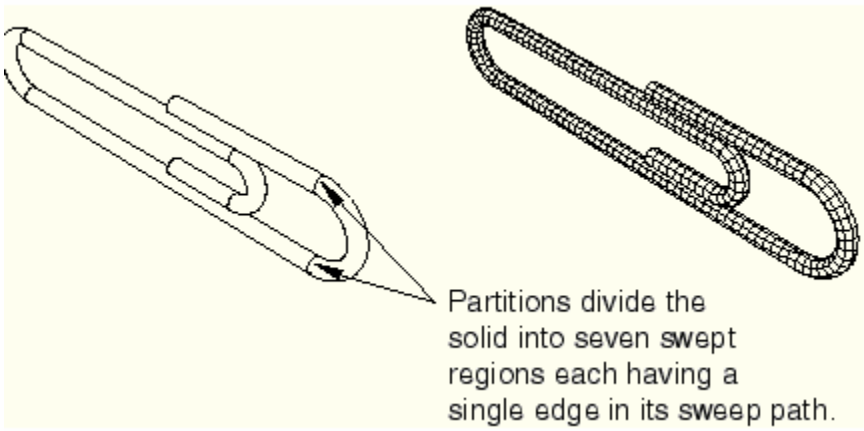
③从起始面到目标面，被扫描区域的横截面要保持不变，且要是平面。如果起始面或目标面不是平面，你可能就要将其分割成可以用结构化划分方法划分的区域，如下所示：

A solid is partitioned into regions that can be meshed with the structured meshing technique.



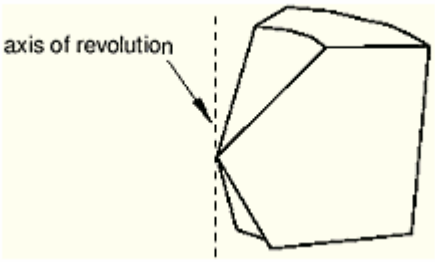
④如果扫描路径不是直的或者圆弧的，那么实体部分就不可以被扫描网格划分。此外，如果扫描路径由多条边组成，也不可以使用扫描式网格划分。然而，如果能够将区域分割成一系列拥有直边或圆弧边的单元，那么扫描式网格划分可能会被应用于划分整个区域。下图显示了一个不能够被网格划分的区域，因为其扫描路径由一组均匀的边组成。经过六次分割，该部件被分割成了七个单元，并且每个单元的扫描路径都是直边或者圆弧边，这样一来，部件就可以被扫描划分了。

Using partitions to make a solid swept meshable.



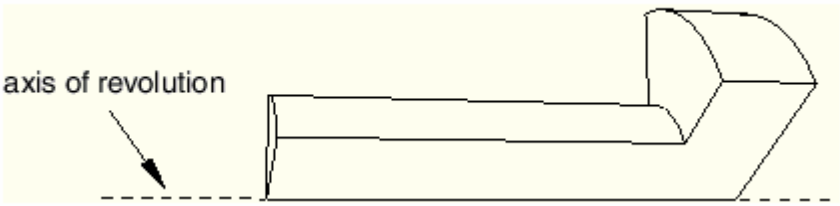
⑤对于一个旋转体区域而言，如果其轮廓与旋转轴交于一个或者是更多的点，那么就不可被扫描划分。如下所示：

The swept meshing technique cannot mesh a part if an isolated point touches the axis of revolution.



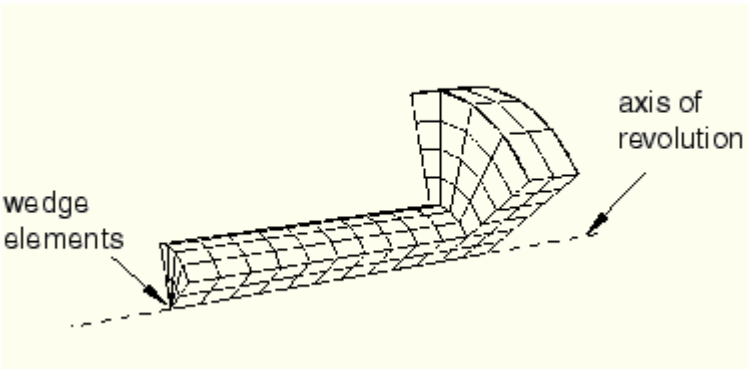
类似的，如果被划分区域的一条或者是更多的边位于旋转轴上，那么系统也不能够用六面体元素扫描划分这个区域。如下所示：

ABAQUS/CAE cannot mesh a region with hexahedral elements if one or more edges lie along the axis of revolution.



然而，系统可以通过产生轴向的三角形棱柱元素，从而使用主导六面体元素来网格划分这个区域，如下图所示：

ABAQUS/CAE can mesh the region with hexahedral-dominated elements.

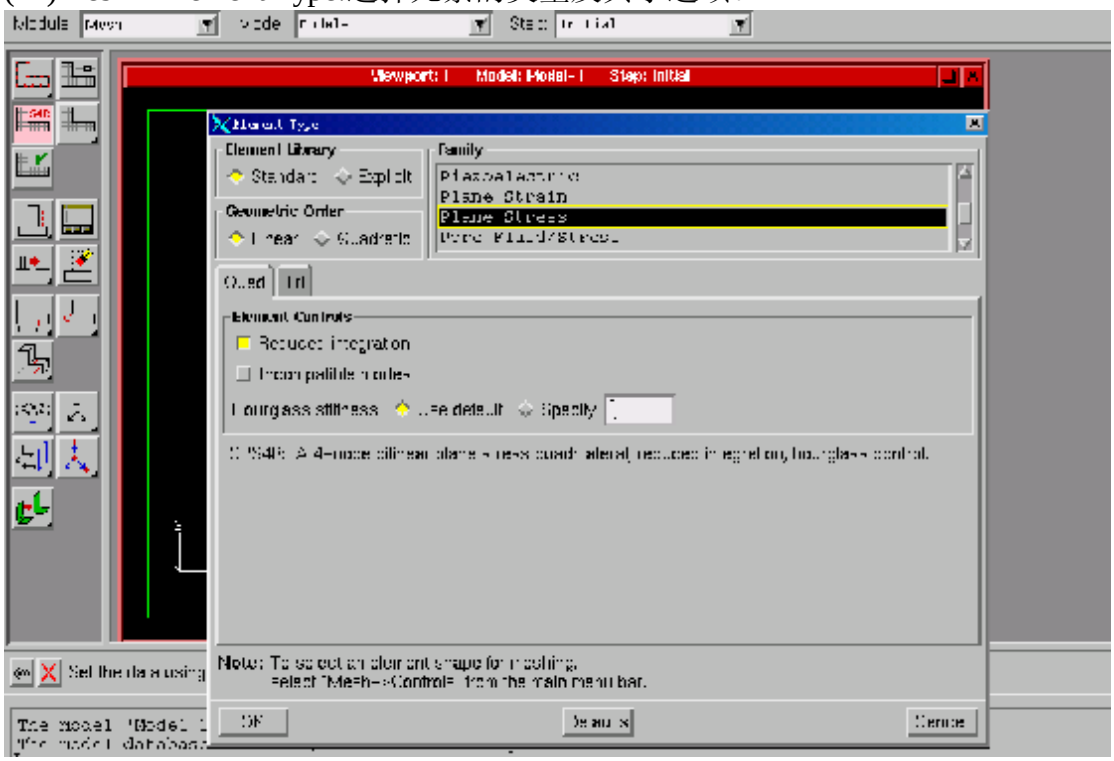


所以，在你划分这个区域的时候，你必须选择主导六面体元素。或者。你可以先

将这个区域分割成简单的结构化网格区域，然后再选择完全六面体元素去生成网格。

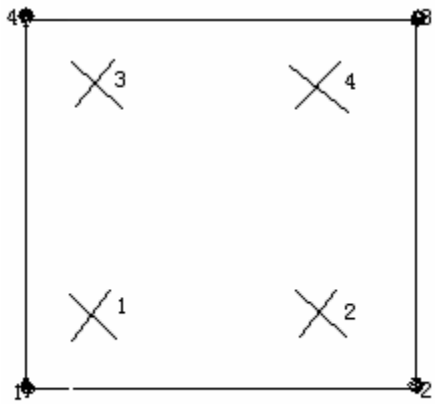
以上对 Mesh→controls 作了非常详尽的介绍。其中我们选择了网格划分的方式，下一步我们将要选择网格元素的类型。

(二)Mesh→Element Type:选择元素的类型及其子选项。

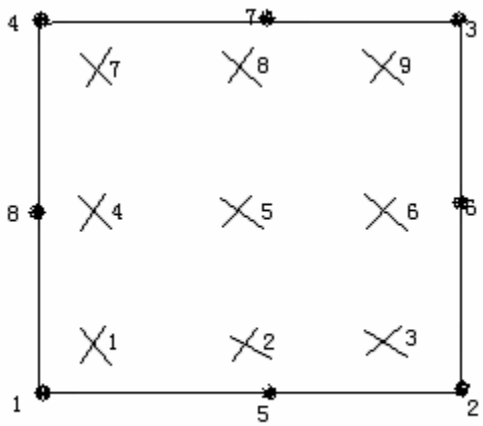


我们将要介绍的是用于元素控制的四种基本类型。

①Full integration:完全积分：所谓完全积分是指当单元具有规则形状时，所用的高斯积分点可以对单元刚度矩阵中的多项式进行精确的积分。线性单元如果要完全积分，则在每个方向需要两个积分点。而二次单元如果要完全积分则在每一方向需要三个积分点。如下所示：



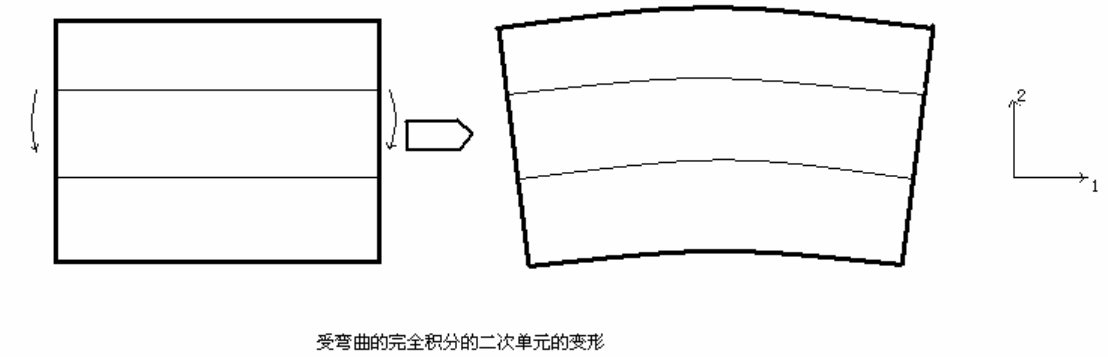
线性单元(如CPS4)



二次单元(如CPS8)

注意，只有当能确切的认为在你的模型中载荷将产生小位移时，才可采用完全积分线性单元。而如果你怀疑载荷产生的位移类型，则应采用不同的单元类型。在复杂的应力状态下，完全积分二次单元也可能发生琐死。因此，如果在模型中有此单元，则应仔细的检查计算的结果。但是，对于模拟局部应力集中区域，完全

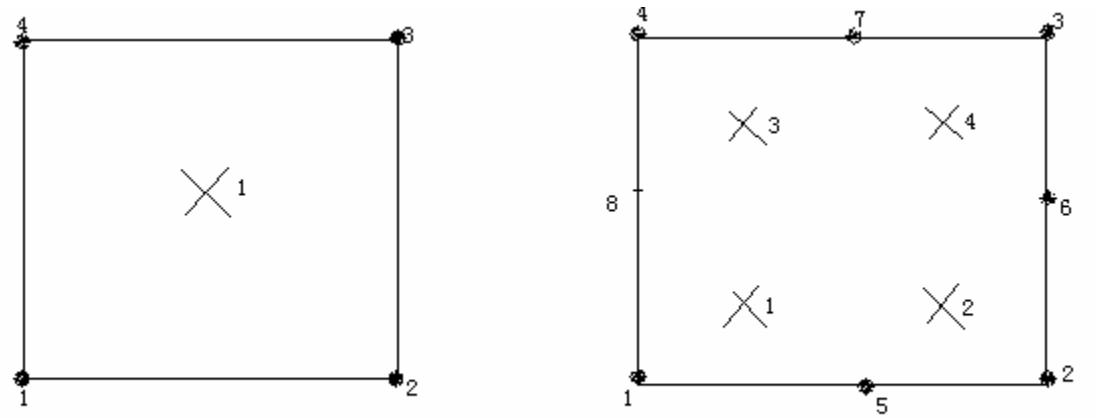
积分线性单元将是非常有用的。



受弯曲的完全积分的二次单元的变形

②Reduced integration:减缩积分：只有四边形和六面体单元才能采用减缩积分；而所有的锲形、四面体和三角形实体单元采用完全积分，尽管它们可以与减缩积分的六面体或四边形单元在相同的网格中。

减缩积分单元比完全积分单元在每个方向上少用一个积分点。减缩积分线性单元只在单元中心有一个积分点。对于减缩积分四边形单元，其积分点的位置如下所示：



线性单元(CPS4R)　　二次单元(CPS8R)

注意：线性减缩积分单元由于存在着所谓沙漏(hourglassing)数值问题而过于柔软。在 ABAQUS 中，对减缩积分单元引入少量的人工“沙漏刚度”（hourglass stiffness）以限制沙漏模式的扩展。当模型中应用更多的单元时，这种刚度在限制沙漏模式是更有效的，这意味着只要采用合理的细网格线性减缩积分单元就会给出可接受的结果。线性减缩积分单元对变形的要求不严格；因此可在变形较大的任何模拟中采用划分较细的此类单元。

二次减缩单元也有沙漏模式。但是在正常的网格中这种模式几乎不可能扩展，并且在网格足够细时很少成为问题。C3D20R 的 1×6 网格确实表现出一些沙漏性，但更精确的网格则没有这种现象。即使受复杂应力状态，二次减缩积分单元也不易受影响而导致锁死。因此，一般来说，除了包含较大应变的大位移模拟和一些接触分析外，这些单元对最通用的应力/位移模拟是最好的选择。

③Incompatible modes:非协调单元：非协调单元可以用来克服完全积分一阶单元的剪力自锁问题。剪力自锁是由于单元的位移场不能模拟与弯曲相联系的运动学现象而引起的，那么可把能够增强单元位移梯度的附加自由度引入到一阶单元。在弯曲问题中，用非协调单元可得到与二次单元相当的结果，且计算费用明显降低。

非协调单元之所以有用，是因为它们如果应用得当，则在很低花费时仍可以得到较高的精度。但必须注意保证单元扭曲是非常小的，然而当网格较复杂时这一点是很难保证的；因此，对于具有这种几何形状的模型，你应再一次考虑应用减缩积分二次单元，因为它们对网格扭曲不太敏感。

④Hybrid formulation:杂交单元：对于 ABAQUS 的每一个实体单元，如所有减缩积分单元和非协调单元，都可得到一个杂交单元形式。

当材料是不可压缩的（泊松比=0.5）或非常接近于不可压缩（泊松比 > 0.495）时采用杂交单元。橡胶是一种具有不可压缩性质的材料。不能用规则单元来模拟不可压缩材料的反应（除了平面应力情况），这是因为在单元中的压应力是不确定的。

建议：如何使用实体单元？

在模拟计算中，如果要想以合理的费用达到精确的结果，则正确的选择单元是非常关键的。当使用 ABAQUS 经验更多时，你无疑会针对各种应用的特殊要求，自己建立选择单元的规则。但是当你开始使用 ABAQUS 时应参考下面的建议：

① 如果不需要模拟非常大的应变或进行一个复杂的，改变接触条件的问题，则应采用二次减缩积分单元(CAX8R,CRE8R,CPS8R.C3D20R 等)。

② 如果存在应力集中，则应在局部采用二次完全积分单元（CAX8,CPE8,CPS8,C3D20 等）。它们可在较低费用下对应力梯度提供最好的解决。

③ 对含有非常大的网格扭曲模拟（大应变分析），采用细网格划分的线性减缩积分单元（CAX4R,CPE4R.CPS4R,C3D8R 等）。

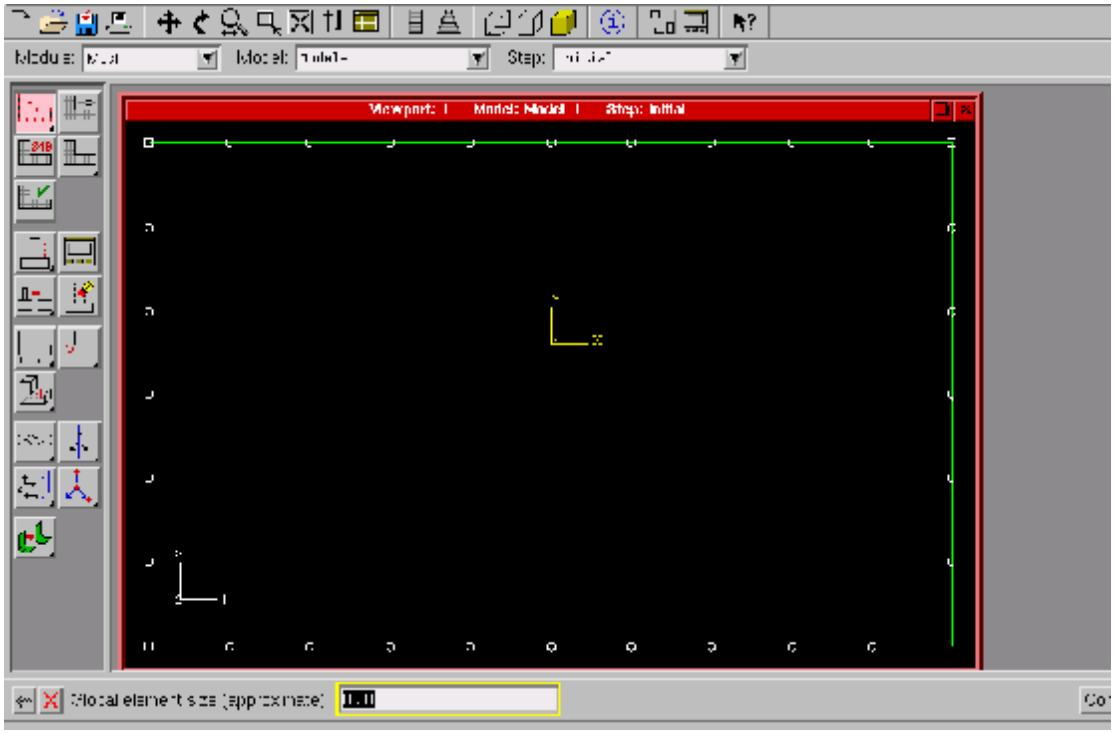
④ 对接触问题采用线性减缩积分单元或非协调单元（CAX4I,CPE4I,CPS4II,C3D8I 等）的细网格划分。

⑤ 如果在模型中采用非协调单元应使网格扭曲减至最小。

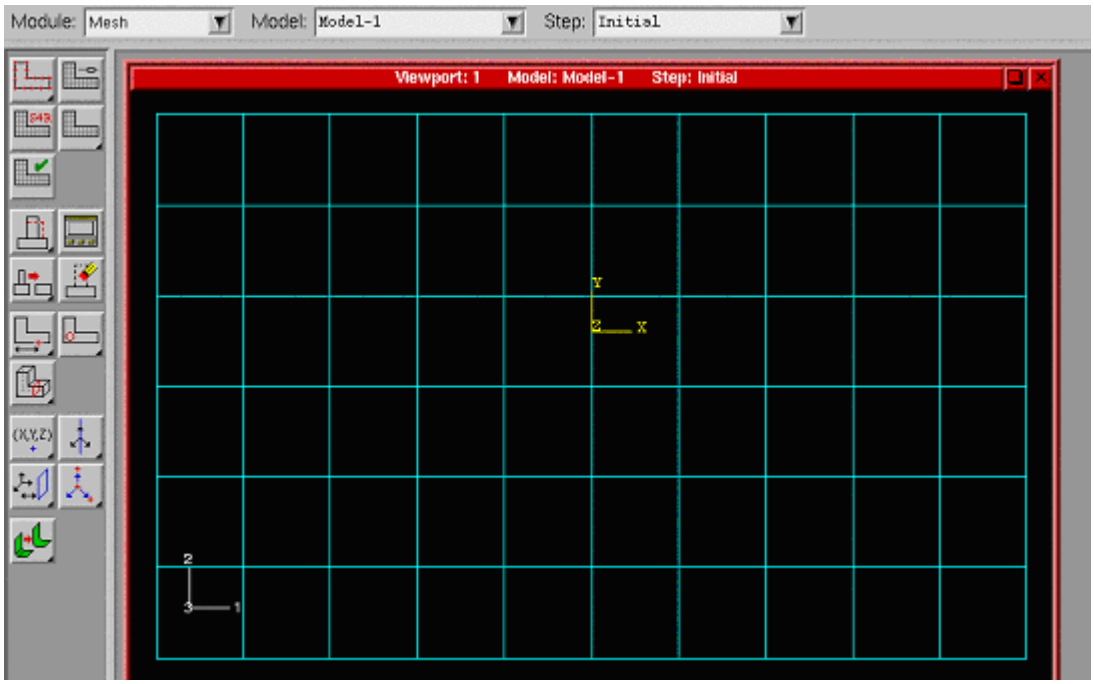
⑥ 三维情况应尽可能采用块状单元（六面体）。它们在最小费用下给出了最好的结果。当几何形状复杂时，完全采用块状单元构造网格会很困难；因此可能有必要采用楔形和四面体单元。这些单元的线性形式，如 C3D6 和 C3D4，众所周知是较差的单元（若需要时，划分较细的网格以使结果达到合理的精度）；因此，只有在完成网格万不得已的情况下才会应用这些单元，即使那时，这些单元也应远离需要精确求解的区域。

⑦ 一些前处理程序包括网格划分方法，它们可用四面体单元构造任意形状的网格。只要采用二次四面体单元（C3D10），其结果对小位移问题应该是合理的。但运行将比采用相应的块体单元网格花费更多的时间。你不应采用只包含线性四面体单元（C3D4）的网格，因为如果不用大量的单元其结果将是不准确的。

(三)Seed→instantce:给选定的区域分布种子。



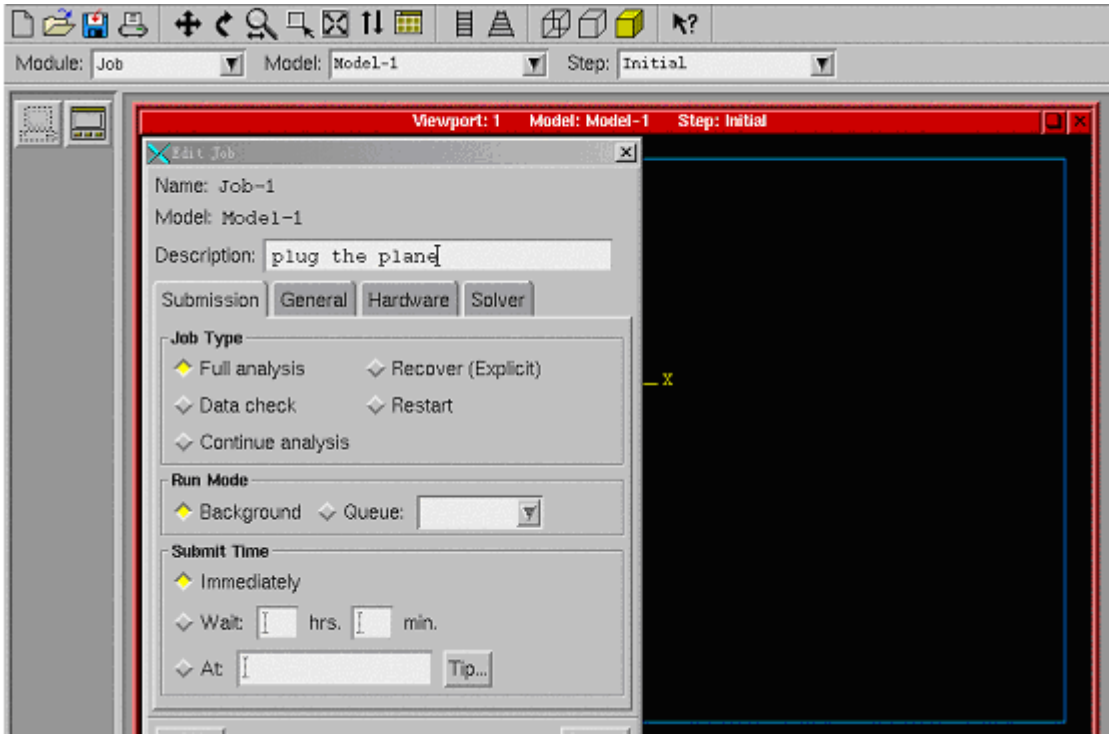
(四)Mesh→instance:点 YES 完成网格划分。



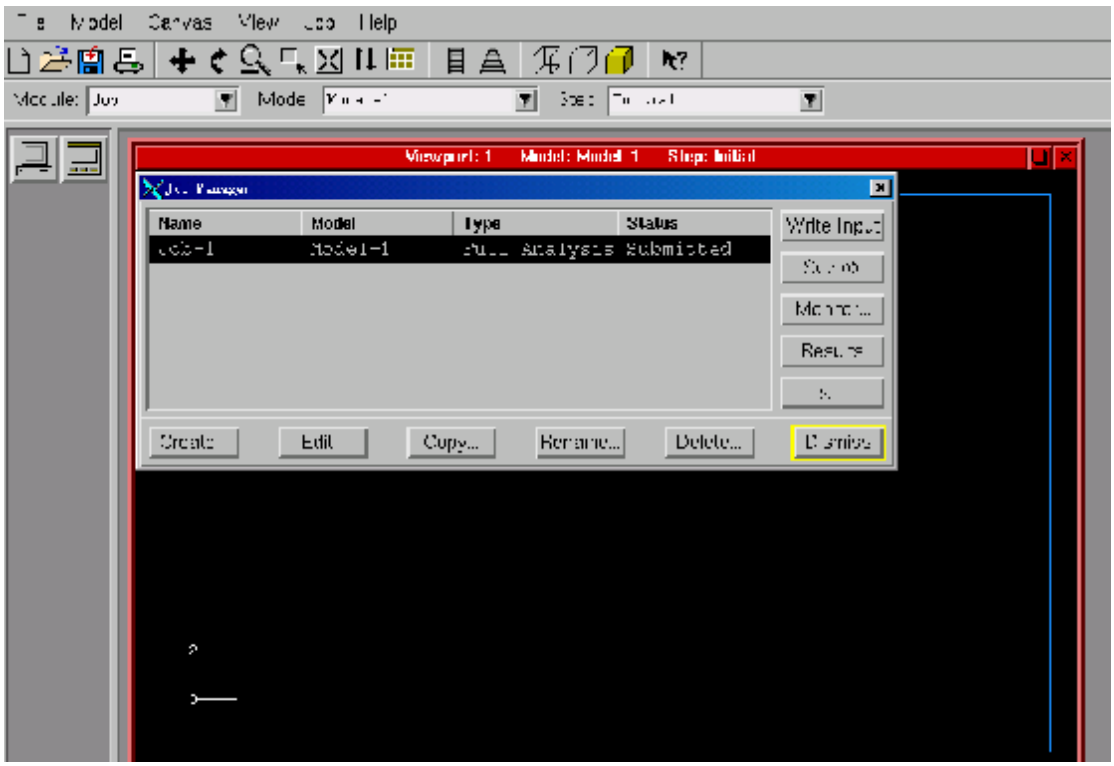
至此，对于 MESH 步的介绍已经完成。

8.JOB 步

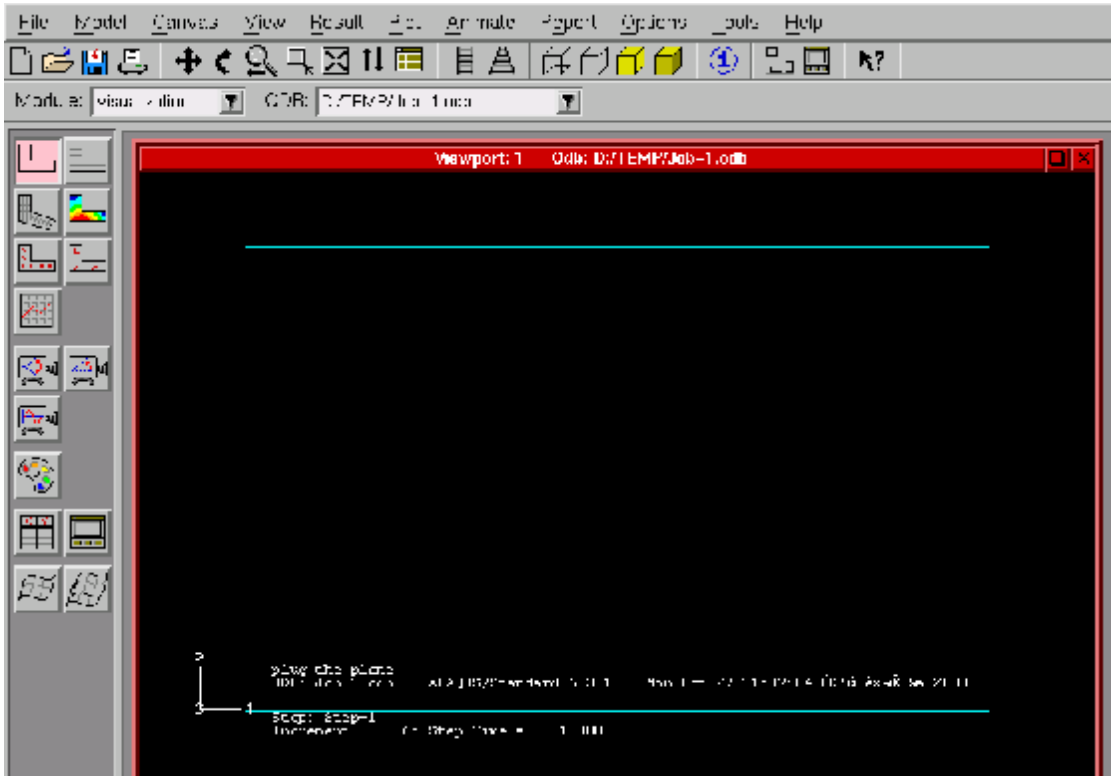
(一)Job→create:创建一个工作步。



(二)Job→Manager:传输数据，用以生成 INPUT 文件



数据传输完毕后，点“Results”,就进入了文件的后处理，即 ABAQUS/viewer 界面：



对于此模块不再作详细的介绍 viewport 界面左端的工具栏可以用来展示各种视图。TOOL 下拉菜单用来输出你在 STEP 步中定义的各种数据。详细情况见《ABAQUS/Standard 有限元入门指南》。

备注：此手册适用于 ABAQUS 的初学者，对 ABAQUS 的基本用法作了简单的介绍，如果想更加详细的了解 ABAQUS，请参阅 ABAQUS 的各种参考手册及理论手册，以及包括 ABAQUS 的在线帮助文件和算例手册。

最后，希望本手册能够真正的为初学者和后来者提供一些帮助！

二．补充内容

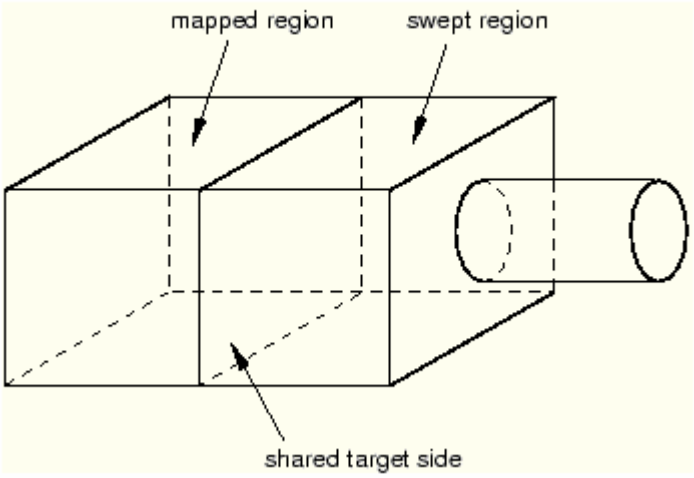
高级网格划分方法

1.多个三维实体区域的网格划分。

根据部件中每个区域的几何形状和结构形态，系统会产生一个默认的网格划分方法。然而，有的时候当三维部件其中一个区域默认的网格划分方法不适用于其相邻区域的网格划分，因此就不能在整个部件中产生一个合适的网格划分。

例如下图，如果使用默认的网格划分方法，系统在整个部件中不能产生一个合适的网格划分，因为左图中结构化网格所产生的结点不能与右图中扫描式网格划分所产生的结点融合在一起。（部件右侧的立方体之所以为扫描区域，是因为它与圆柱体相连，而这个圆柱体为一个扫描区域）。

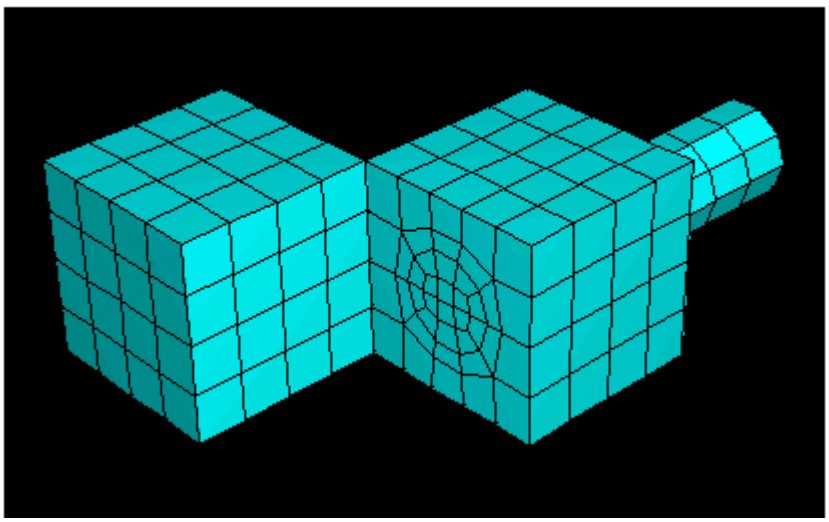
A compatible mesh is impossible using these default meshing techniques.



（图 1）

如果单独的对这两个区域进行网格划分，那么扫描区域与结构化区域所产生结点之间的不匹配就显而易见了，如下图：

The structured region and the swept region meshed separately.



（图 2）

如果启动了网格生成程序，而此时系统用默认的网格生成方法不能产生一个合适的网格的话，

那么系统就会用新的网格生成方法代替默认的网格生成方法。这些新方法不仅与这个区域的几何和结构形态有关，而且由与其相邻区域的特征决定。系统会首先对区域之间的交界面进行评估，然后尽力的减少不匹配交界面的数量。

例如，图 1 部件左边的立方体默认的网格划分方法是结构化划分，由此产生了图 2 所示的不协调的网格。然而，左边的图形也可以使用扫描式网格划分方法进行划分。所以，系统将这部分的网格划分方法从结构化划分该成了扫描式划分，于是在整个模型区域中生成了一个合适的网格。（当系统改变区域的网格划分方法时，原来赋给区域的元素类型保持不变。

当你启动三维模型的网格划分程序时，系统将判断使用默认的网格划分方法是否会在整个模型中生成一个协调的网格。如果可能生成一个协调的网格，那么继续。如果不能生成，系统将会使用一种不同的网格划分方法。

如果新的网格划分方法可以生成协调的网格，那么系统就突显那些不协调的界面并且会提醒你对以下选项进行选择：

① 取消网格划分操作

② 允许系统用新的网格划分方法替换默认值，并且产生协调的网格。

③ 允许系统使用默认网格划分方法，并且自动在不协调的界面产生约束。为了在不协调的交界处自动产生牵引限制并且在交界处周围生成公共的结点,系统自动选择交界处的一个面作为副面，另外一个面作为主面。由于牵引限制，副面上的结点有和主面上的结点一样的位移，温度，多孔压力或电势能。系统通常选择网格划分更细的面作为副面。

如果新的网格划分方法仍然不能够产生协调的网格，你可以试一下下面的方法：

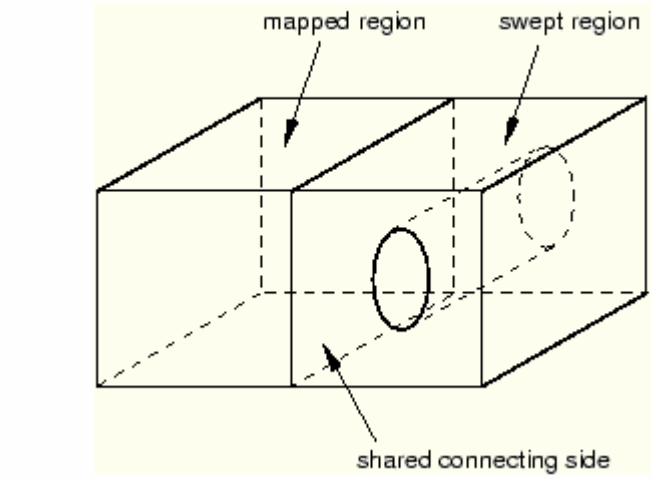
① 分割模型并且产生一个协调的网格划分。

② 使用自由划分方法对整个模型进行网格划分。

一般来讲，在产生一个具有整体协调性的三维实体模型的过程中，存在以下禁忌：

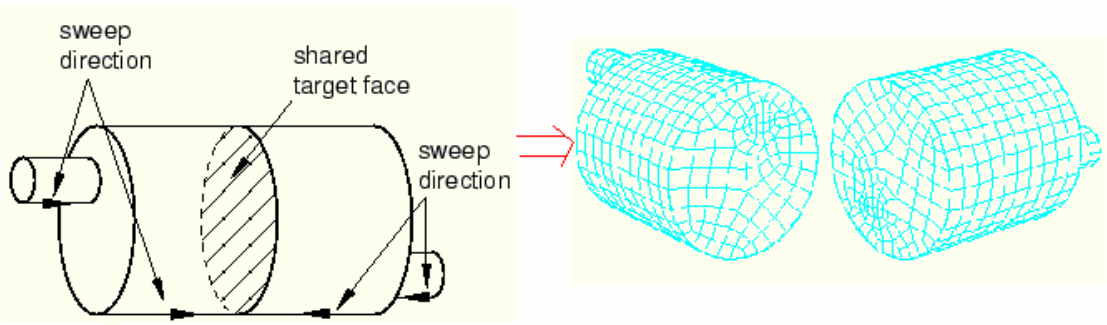
①扫描区域不可以与结构化区域分享它的目标边。但是可以分享它的起始边和连接边。如下所示：

The connecting side of the swept region is shared with the structured region.



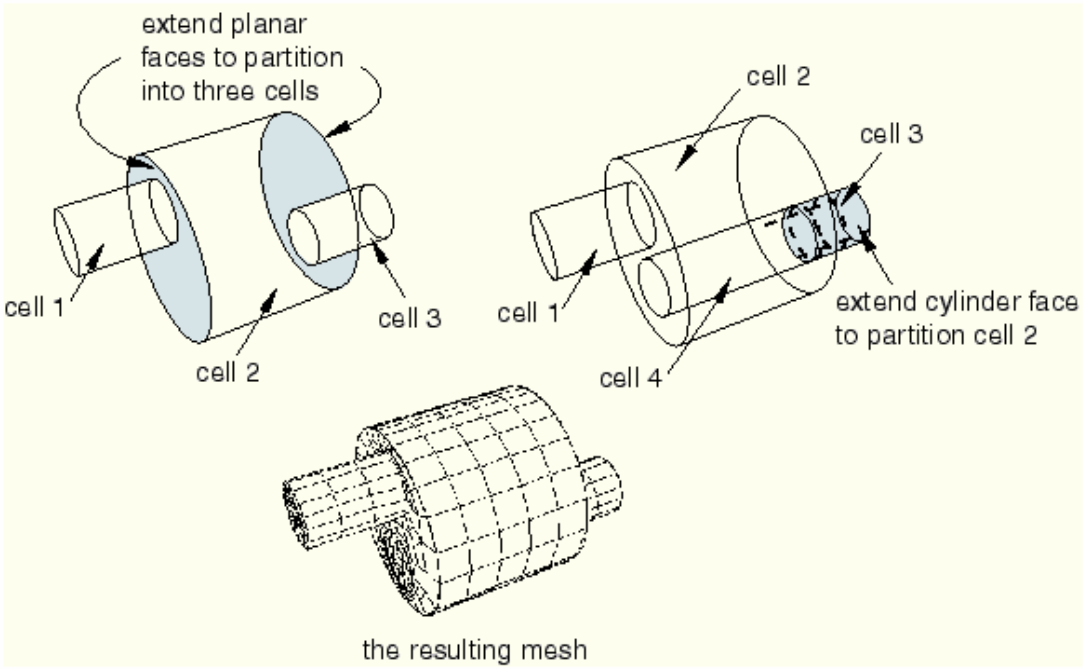
②在某些情况下，系统不能够划分包含有多个均被赋予扫描式网格划分方法的区域。例如，吓土中，由于在共享的目标边上不能够产生一个协调的网格，因此系统不能够沿着模型生成一个扫描式网格划分。

A compatible swept mesh cannot be generated along this part instance.



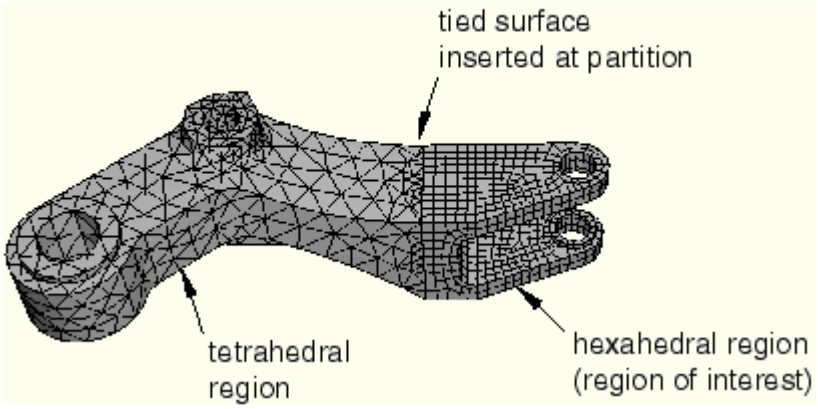
然而，下图就用分割的方法对由四个扫描区域组成的模型进行了网格划分。

Using partitions to generate a compatible swept mesh.



在同一个模型的不同区域内，可以应用六面体和四面体元素进行网格划分。

Different regions of the same part instance can be meshed with hexahedral and tetrahedral elements.



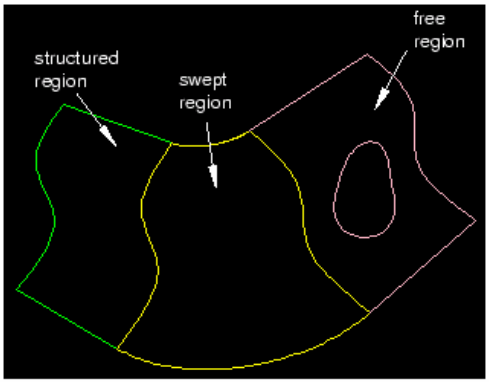
在对精度要求较高的地方，例如紧挨着区域接触面或者是我们所感兴趣的需要细化网格的区域，你可以使用六面体元素，而在其他的区域，你可以使用四面体元素。系统在区域之间相连的地方创建了牵引面。当你网格划分其中一个区域的时候，系统将不会对存在于另外一个区域的网格进行调整了。

2.多个二维和三维壳区域的网格划分

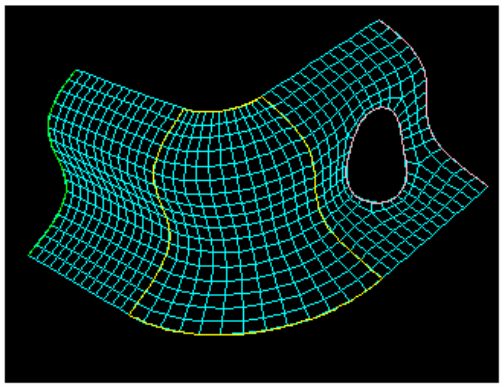
上一节描述了如果将默认的网格划分方法应用于模型中多个相邻区域的话，则可能不会产生一个跨越区域的协调的网格。与之相反，对二纬或三维壳模型而言，模型中相邻区域的总是协调的。

在下图中，三维壳模型中三个相邻的区域分别用自由，扫描和结构这三种不同的网格划分方法。

Adjacent regions of a three-dimensional shell part instance.



The resulting mesh.



3.模型之间的网格的协调

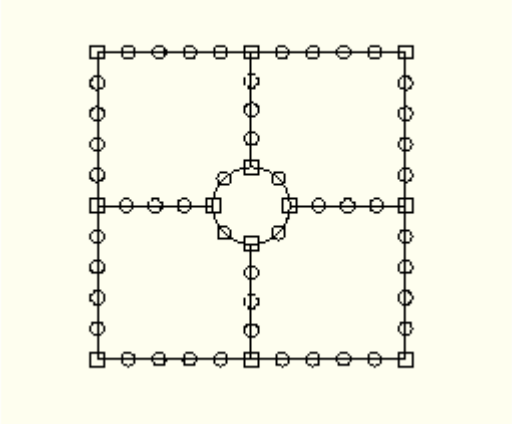
当前，不可能自动的获得模型之间的相互协调的网格。如果你要求两个或更多的模型之间的网格相互协调，首先要尽力创建一个包含了所有模型的单个部件。例如，如果你正在对一个桌子进行建模，你首先应该创建一个包含了桌面和四条腿的单个部分。而不能将桌面的模型沿着桌子的四条腿在 assemble 中组合起来，这样系统就不能够在这些模型之间创建一个协调的网格。

如果两个物体必须要单独的建模，那就考虑在模型之间使用牵引约束以使得网格协调。需要注意的是，这并不是真正的协调，并且存在精度的问题。

4.MESH 模块的一个有用的特点是在模型的几何形状被修改以后再生一个网格的分布，例如元素类型设定，种子和网格控制等。也就是说，模型被修改以后，系统总会再自动创建一个与之相适应的网格。

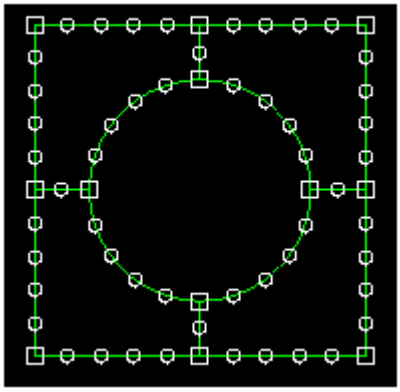
例如，下图的模型已经被分割成四个区域并且按照数值为 3 的元素尺寸进行了种子分布。

Seeded model with small hole.



如果现在你返回到 PART 步对孔的直径进行修改使之稍微大一点。当你再次返回到 MESH 步时，就会对分割和种子进行再生，如下所示：

Seeds are regenerated after the part is modified.



此外，网格控制和元素类型对话框中的设置（例如元素类型，元素形状以及网格划分方法）也同时再生了。如果你对模型进行了很大的修改，再生可能失效。在这种情况下，你必须重新进行分割和种子的选择。