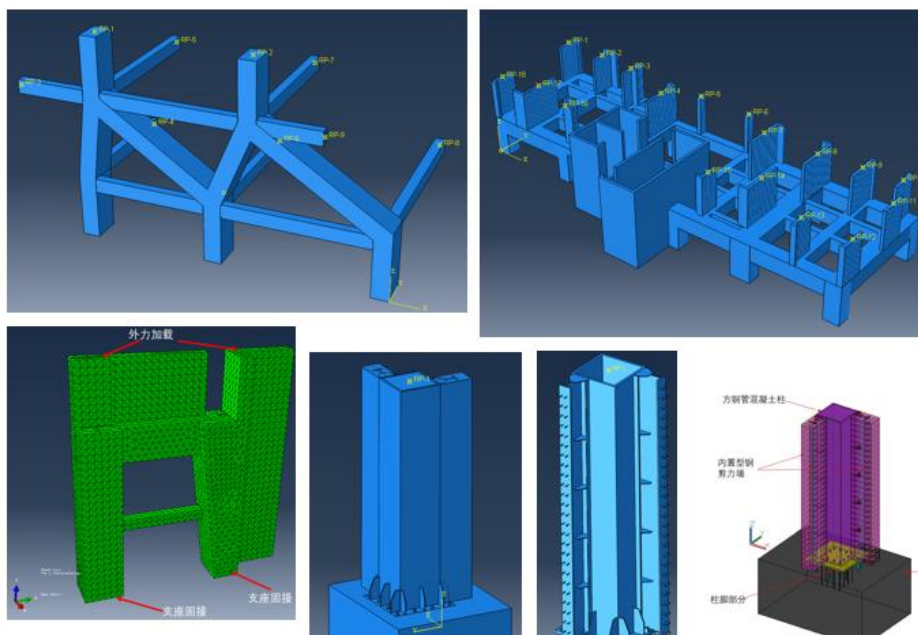
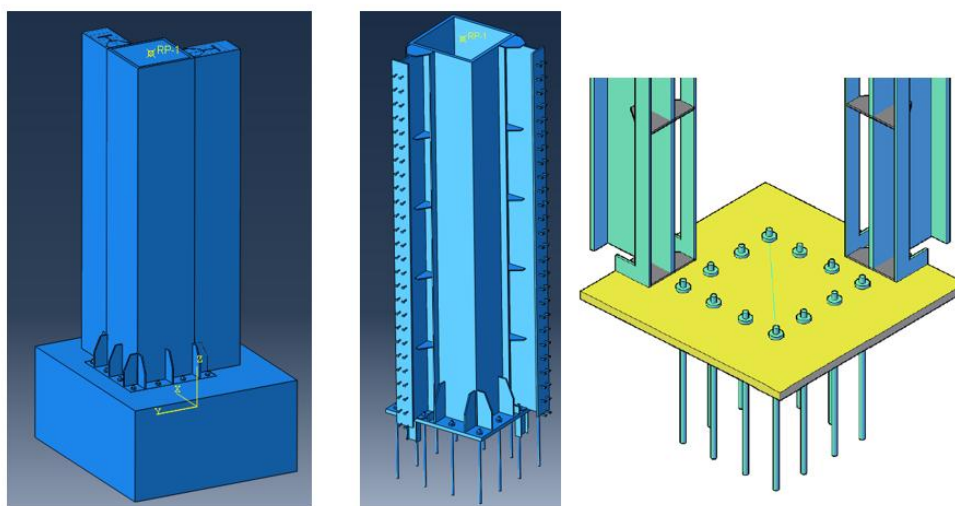


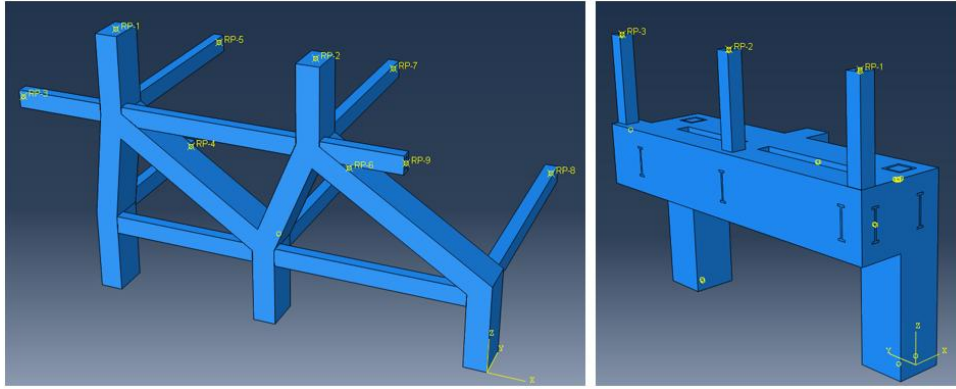
有限元节点分析法在结构设计中的应用



(1) 介绍主流的节点有限元分析软件。



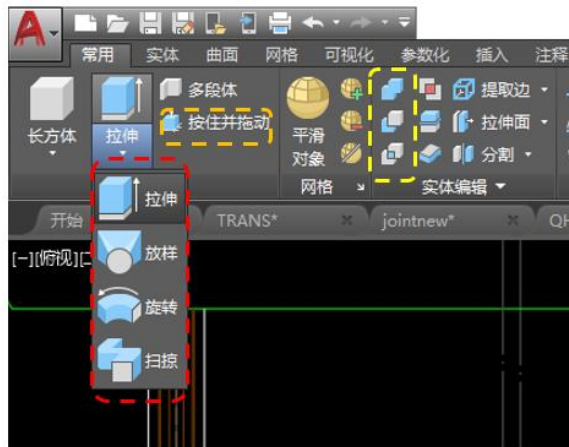
(2) 介绍 ABAQUS 进行节点分析的特点：常用的桁架单元，梁单元，壳体及实体单元，另有 tie，内嵌，coupling，连接器等接触单元（自由度处理方法），也具备线弹性材料，基于损伤理论的非线性材料，还可以自定义 UMAT 等。
建模方面，支持复杂几何实体的 IGES，SAT 的格式，程序可以进行布尔运算。



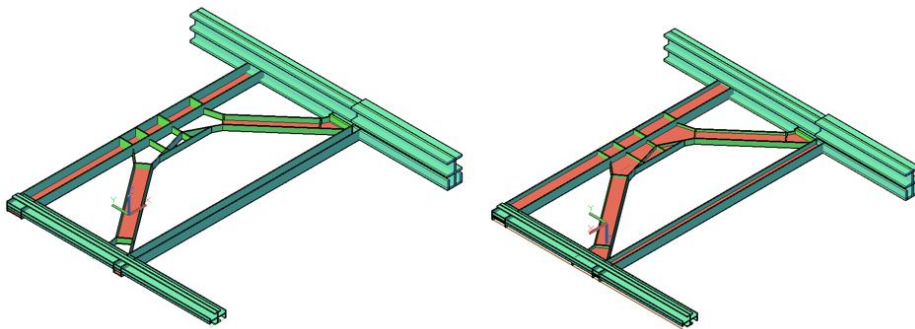
由于上述的属性，ABAQUS 可以很好地进行节点有限元分析。

以下是整个节点分析的主要过程：

- (3) ABAQUS 的大部分应用场景是，采用 AUTOCAD 等 CAD 软件进行空间建模，然后采用 ABAQUS 进行补充建模，主要就是合并，布尔，分体及单元划分。其它应用场景有采用 INPUT 进行文本建模，或采用第三方的单元剖分，如 HYPERMESH 等，这里就不展开介绍，这里主要讲采用 CAD+ABAQUS 的建模方法。
- (4) 以下是常用的 3D-CAD 中用到的立体模型生成的功能，从平面到立体，有拉伸，扫掠，放样，旋转等，CAD 也能进行一些简单的布尔运算：合并，减除，相交

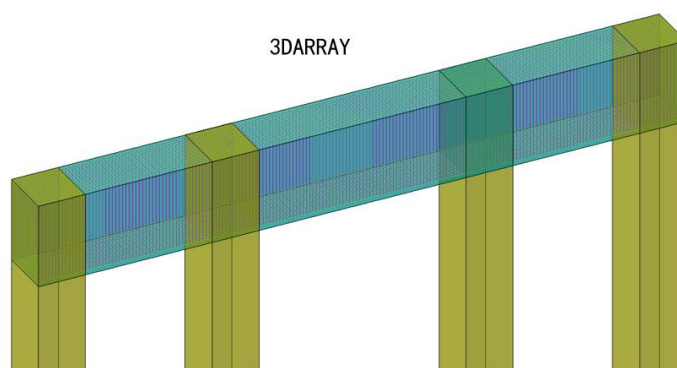


- (5) 有限元建模分节点模型与区块模型，区块模型可以从结构模板图出发，如下所示，采用一系列的拉伸就可以建完模型了，当然还需要一些布尔运算

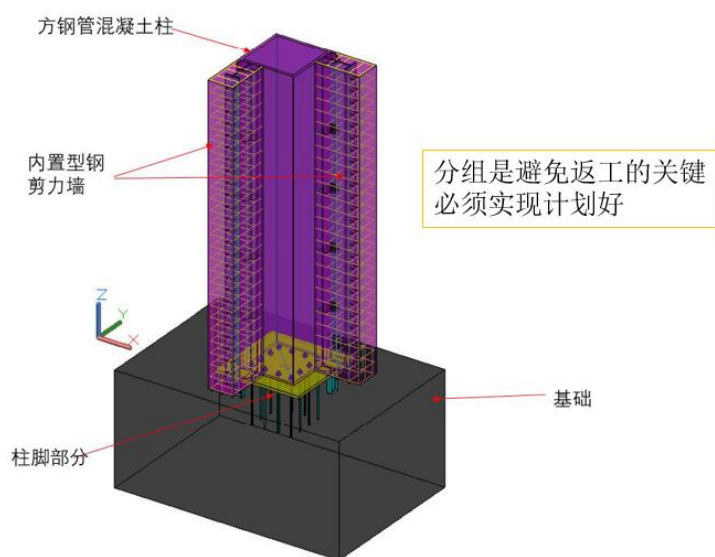


- (6) 混凝土块体部分的建模相对简单，复杂的在块体内钢筋的建模，钢筋一般采用 TRUSS 单元，在 CAD 内是单线，采用 AUTOCAD 建模如下图所示。钢筋的复制建模大量采

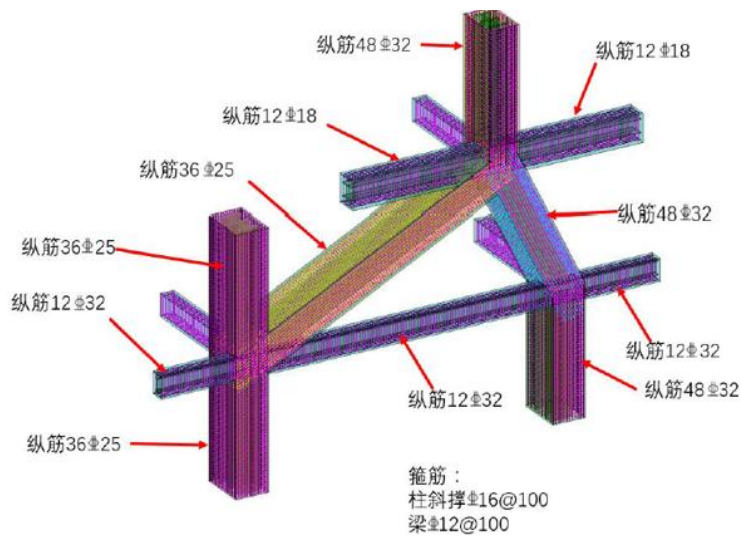
用 3D-ARRAY 这个 CAD 命令。



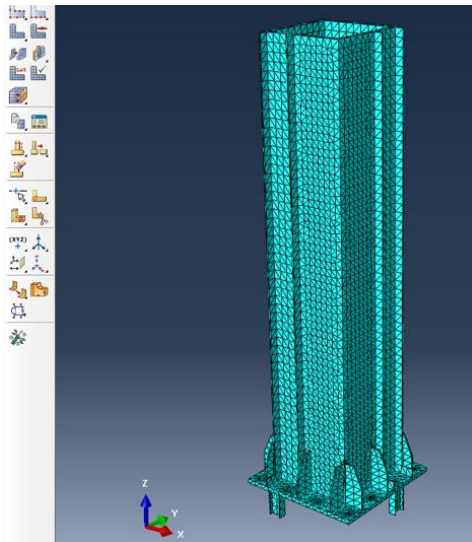
- (7) 钢筋的线模在建模的过程中要注意，纵筋与箍筋的距离不宜过小，钢筋不要跑到混凝土外表面去了。
- (8) 构件分组：这个很重要，不同的材料不同的类型记得分组，分图层。如基础、构件、钢配件、钢筋与钢骨，都应该在不同的组，方便管理，钢板厚度不同，钢筋直径不同也需要分开。



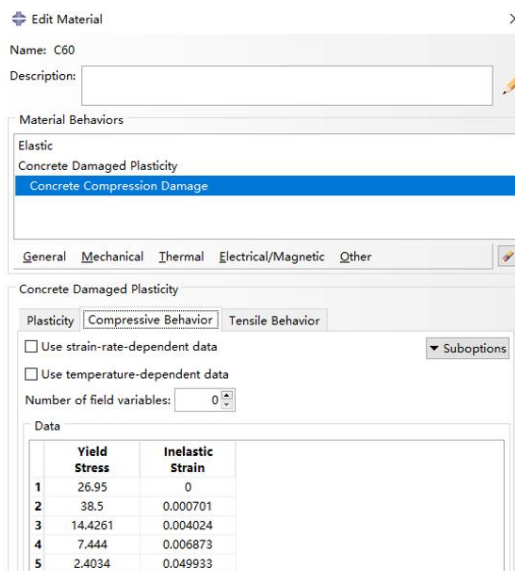
- (9) 在 AUTOCAD 完成大部分建模以后，我们把 AUTOCAD 的模型导出为 IGES 格式。IGES 格式可以把钢筋也能包括进去，SAT 格式就不可以了。
- (10) 弹性模型可以不需要导入钢筋，只有弹塑性分析才需要导入钢筋网。



(11) 在分析前，进行网格部分试算检查，有问题越早发现越好，记得另存为。

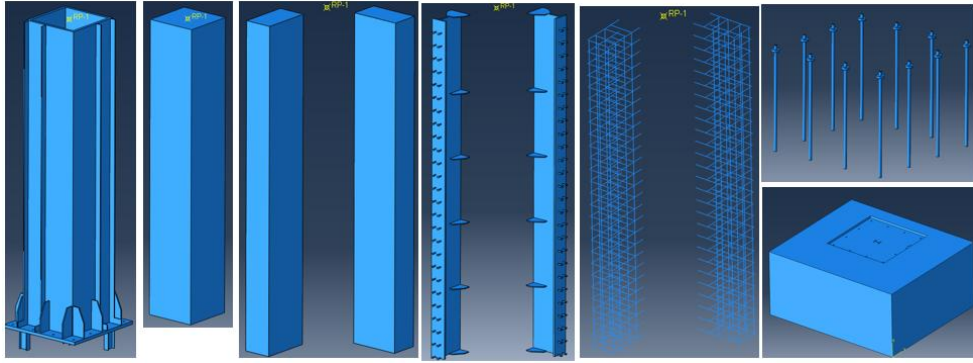


(12) 输入材料的定义，混凝土与钢筋在进行弹塑性分析时，要输入弹塑性本构

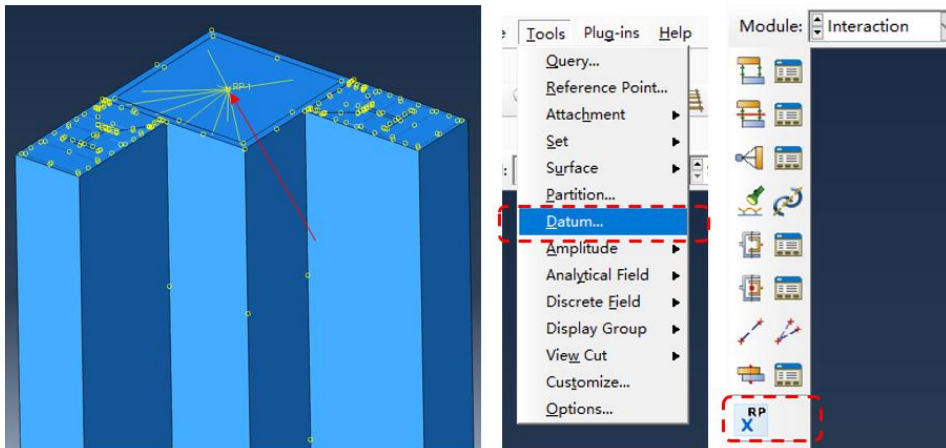


(13) 输入截面的定义，定义好构件截面，主要是钢筋的截面，一般采用 TRUSS

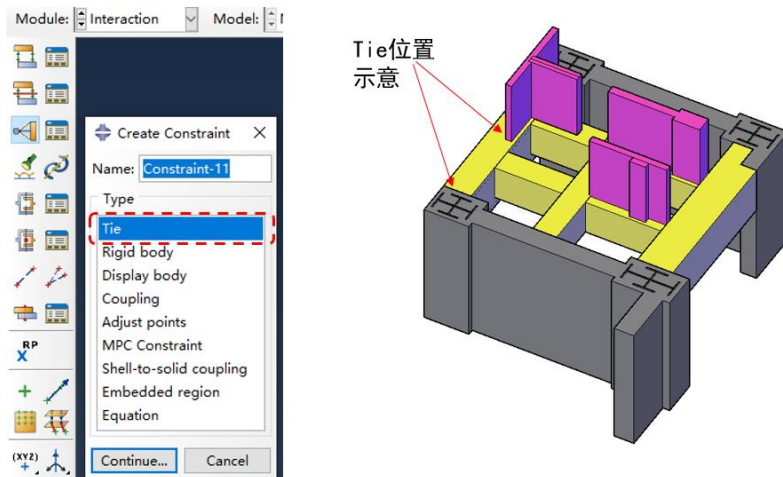
(14) 组装构件:因为在前面定义好了不同的图层，所以这个分组定义就相对容易了。



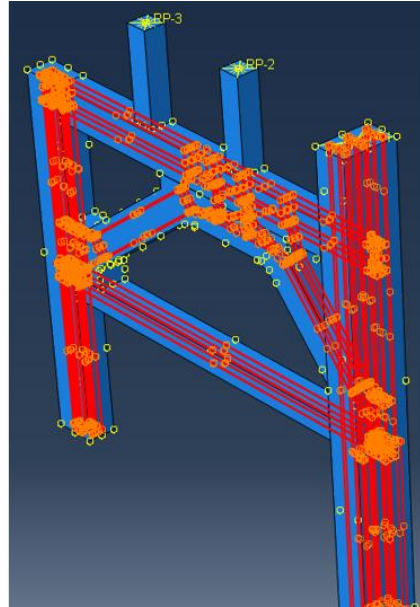
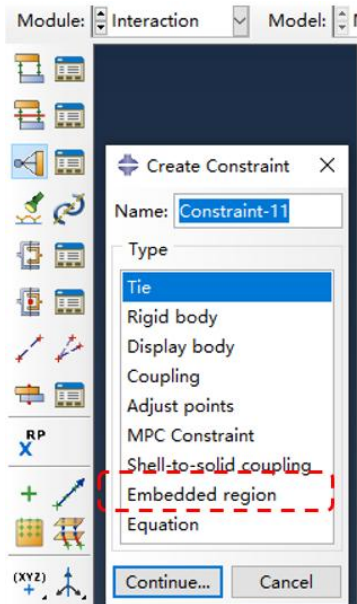
- (15) 定义分析设置：ABAQUS 的弹塑性分析是采用自适应增量迭代法的，你需要设置最大迭代步数（可以理解成迭代多少步以后算不下去跳出）及最小迭代增量值（可以理解成最小每步加载）。
- (16) 定义 RP 加载点，这个很重要的功能，因为节点分析的外力是从整体模型中得到，是一些杆件端部点荷载，这些点荷载要作用于实体单元上的一个面，就要作用于面上的一个代表结点，通过刚度分配到这个面上的所有点上。所以要进行 RP 点的指定，一般是受力的中心。



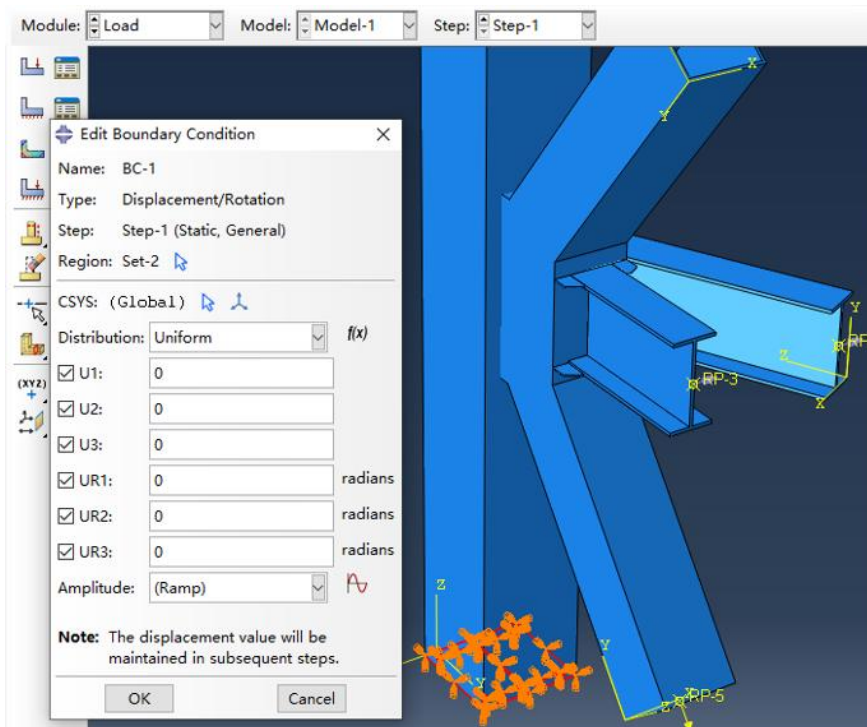
- (17) 定义 tie，构件与构件的面连接，可以采用 TIE 进行连体，不同组之间，无论你建模的两个面之间有多近，也是离开的（自由度独立），所以要采用 TIE 把这两个面帖起来。



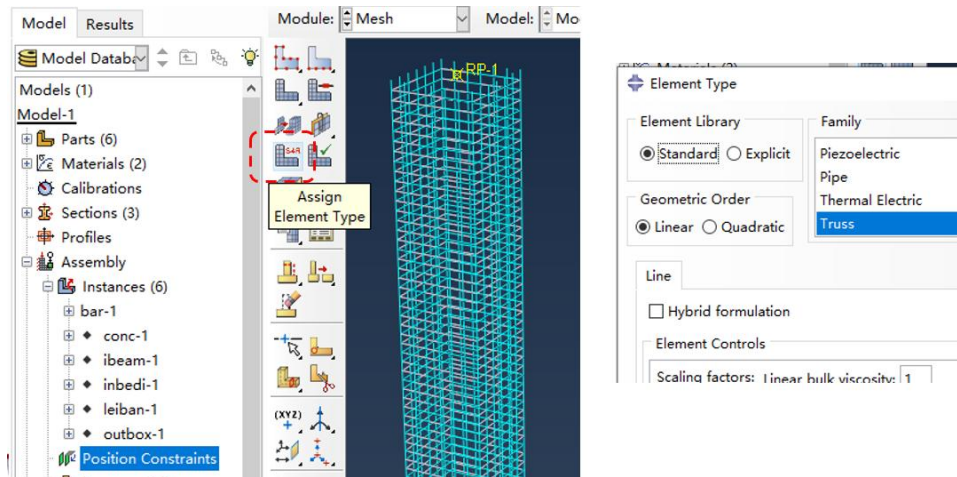
- (18) 定义内嵌 (Embed)，钢筋（壳元），钢筋（桁架单元）都可以内嵌于实体单元中。内嵌的作用就是实体单元的变形，会使单元内的钢筋与钢骨协同变形。



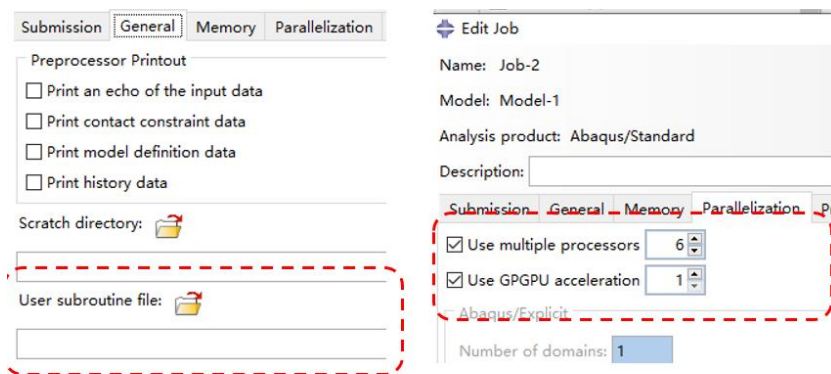
- (19) 定义荷载。刚才讲的 RP 点就是用来加荷载的，加载外力的方向采用右手法则。
 (20) 定义位移约束（支座）。节点除了力边界，还有位移边界，采用 BC（边界约束）进行定义。



- (21) 网格部分（在有限元分析中占重要地位）：第一步，剖分 TRUSS 单元，这是关键的一步。然后对实体，壳体进行网格划分，指定网格大小，100~300 比较常用。稳定划分可以采用 TET（三角形四面体）格式进行网格划分



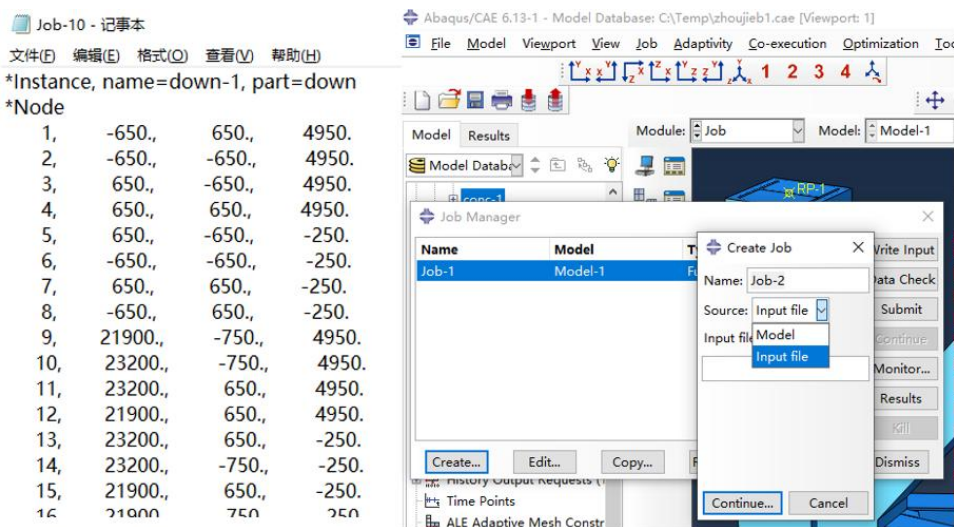
(22) 补充参数设置：自定义本构的位置，GPU 多核计算的设置等。



自定义本构

多核计算

(23) 导出 INP 的功能，导出 INP 方便以后进行批量计算，脱开了图形界面，采用文本修改。



(24) 运算完成后，点击 RESULTS 查看结果，ABAQUS 的前处理就介绍这么多了，后处理需要用到一些如 PYTHON 的往后再介绍。

