第 20 章 接触分析实例

在这个实例中，将对一个盘轴紧配合结构进行接触分析。第一个载荷步分析轴和盘在过盈配合时的应力，第二个载荷步分析将该轴从盘心拔出时轴和盘的接触应力情况。

20.1 问题描述：

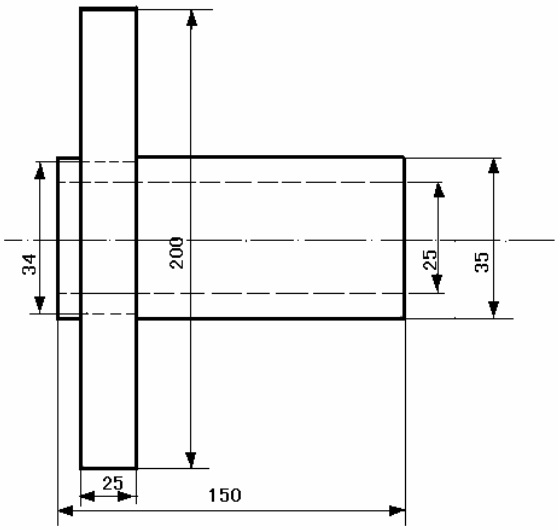
在旋转机械中通常会遇到轴与轴承、轴与齿轮、轴与盘连接的问题，根据各自的不同情况可能有不同的连接形式。但大多数连接形式中存在过盈配合，也就是涉及到接触问题的分析。这里我们以某转子中轴和盘的连接为例，分析轴和盘的配合应力以及将轴从盘中拔处时盘轴连接处的应力情况。

本实例的轴为一等直径空心轴，盘为等厚度圆盘，其结构及尺寸如图 20.1 所示。由于模型和载荷都是轴对称的，可以用轴对称方法进行分析。这里为了后处理时观察结果更直观，我们采用整个模型的四分之一进行建模分析，最后将其进行扩展，来观察整个结构的变形及应力分布、变化情况。盘和轴用同一种材料，其性质如下：

弹性模量：　　EX=2.1E5

泊松比：　　NUXY=0.3

接触摩擦系数 ：　MU=0.2



20.1 盘轴结构图

20.2 建立有限元模型

在 ANSYS6.1 中，首先我们通过完成如下工作来建立本实例的有限元模型，需要完成的工作有：指定分析标题，定义单元类型，定义材料性能，建立结构几何模型、进行网格划分等。根据本实例的结构特点，我们将首先建立代表盘和轴的两个 1/4 圆环面，然后对其进行网格划分，得到有限元模型。

20.2.1 设置分析标题

本实例为进行如图 20.1 所示的盘轴结构的接触分析，属于非线性结构分析范畴。跟前面实例一样，为了在后面进行菜单方式操作时的方便，需要在开始分析时就指定本实例分析范畴为“Structural”。本实例的标题可以命名为：“Analysis of a Axis Contacting a hole in a Disc”，具体的操作过程如下：

1．选取菜单路径 Utility Menu | File | Change Jobname，将弹出 Change Jobname (修改文件名)对话框，如图 20.2 所示。在 Enter new jobname (输入新文件名)文本框中输入文字“CH20”，为本分析实例的数据库文件名。并单击 New log and error files (新的日志和错误文件)单选框，使其变为“Yes”，为本实例的分析过程创建新的日志。单击 OK 按钮关闭对话框，完成文件名的修改。

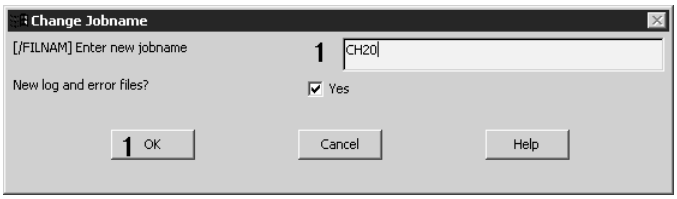


图 20.2 修改文件名对话框

2．选取菜单路径 Utility Menu | File | Change Title，将弹出 Change Title (修改标题)对话框，如图 20.3 所示。在 Enter new title (输入新标题)文本框中输入文字“Analysis of a Axis Contacting a hole in a Disc”，为本分析实例的标题名。单击 OK 按钮，完成对标题名的指定。

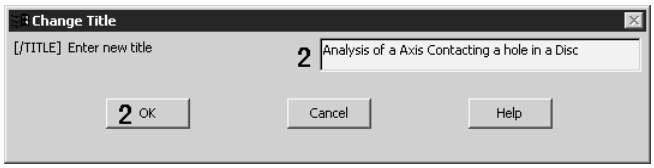


图 20.3 修改标题对话框

3．选取菜单路径 Utility Menu | Plot | Replot，指定的标题“Analysis of a Axis Contacting a hole in a Disc”将显示在图形窗口的左下角(图略)。

4．选取菜单路径 Main Menu | Preference，将弹出 Preference of GUI Filtering (菜单过滤参数选择)对话框。单击 Structual(结构)选项使之被选中，以将菜单设置为与结构分析相关

的选项。单击 OK 按钮关闭，完成分析范畴的指定。

20.2.2 定义单元类型

本实例分析的问题中涉及到大变形，故选用 Solid185 单元类型来建立本实例的模型。本接触问题属于面面接触，目标面和接触面都是柔性的，将使用接触单元 TARGE170 和 CONTA174 来模拟接触面。接触单元在分析过程中使用接触向导时可以自动添加，这里就不再添加。下面为定义单元类型的具体操作过程。

1．选取菜单路径 Main Menu | Preprocessor | Element Type | Add/Edit/Delete，将弹出 Element Types (单元类型)对话框。单击对话框中的 Add... 按钮，将弹出 Library of Element Types (单元类型库)对话框,如图 20.4 所示。

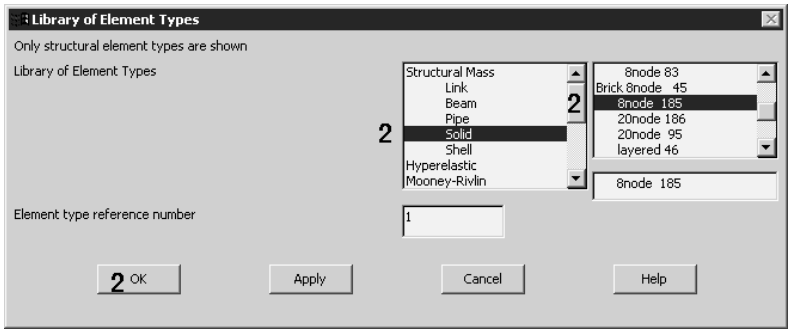
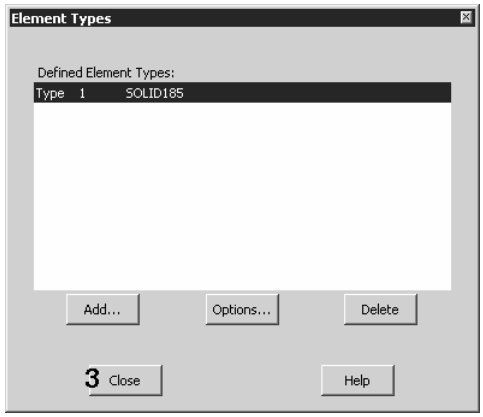


图 20.4 单元类型库对话框

2．在单元类型库对话框中，靠近左边的列表中，单击“Structural Solid”一次，使其高亮度显示，指定添加的单元类型为结构实体单元。然后，在靠近右边的列表中，单击“Brick 8node 185”一次，选定单元类型 Solid185 为第一类单元。单击对话框中的 OK 按钮，关闭 Library of Element Types 对话框。然后，Element Types (单元类型)对话框会重新显示，且在对话框中的单元列表框中列出了定义的单元类型 1：Solid185，如图 20.5 所示。



20.5 定义的单元类型

3．单击 Element Types (单元类型定义)对话框中的 Close 按钮，关闭对话框，完成单元类型的定义。

20.2.3 定义材料特性

本实例中盘轴使用同一种材料类型，所以只需定义一种材料就可以了。下面是具体的操作过程。

1．选取菜单路径 Main Menu | Preprocessor | Material Props | Material Models，将弹出 Define Material Model Behavior (材料模型定义)对话框，如图 20.6 所示。

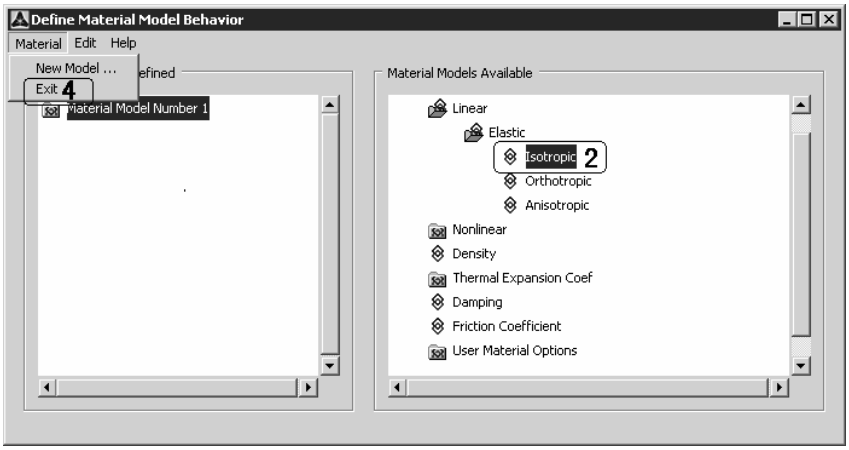


图 20.6 材料模型定义对话框

2．在对话框的右边选项框中，依次双击 Structural | | Linear | | Elastic | | Isotropic，将弹出 1 号材料的弹性模量 EX 和泊松比 PRXY 的定义对话框，如图 20.7 所示。

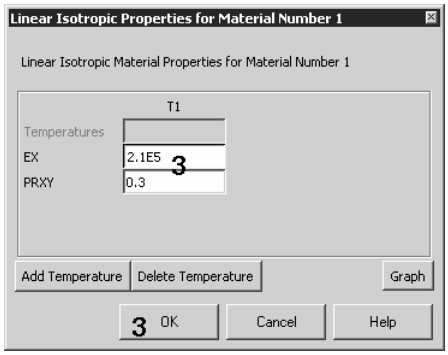


图 20.7 线性各向同性材料定义对话框

3．在线性各向同性材料属性对话框中的 EX (弹性模量)文本框中输入“2.1E5”，PRXY (泊松比)文本框中输入 0.3。单击对话框中的 OK 按钮关闭对话框。

4．在 Define Material Model Behavior (材料模型定义)对话框的左边列表框中将列出定义的材料 1 的属性。在对话框选取路径 Material | Exit 关闭对话框，完成对材料模型的定义。

20.2.4 建立几何模型并分网

下面来建立本实例的轴对称几何模型，并进行合理的分网。本实例的轴对称模型比较简单，可以用多种途径很方便地建立。前面我们讲过对于这种旋转体几何模型可以先建立一个形面并对其进行网格划分，然后将这个形面绕其对称轴旋转需要的角度而得到；也可以直接建立圆环，再对其进行实体网格划分而得到整个模型的网格。这里我们采用后面一种方法，具体操作过程如下。

1．创建四分之一圆盘。选择菜单路径 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Create | Volumes | Cylinder | Partial Cylinder 命令，将打开 Partial Cyclinde (r 创建部分圆环)对话框，如图 20.8 所示。

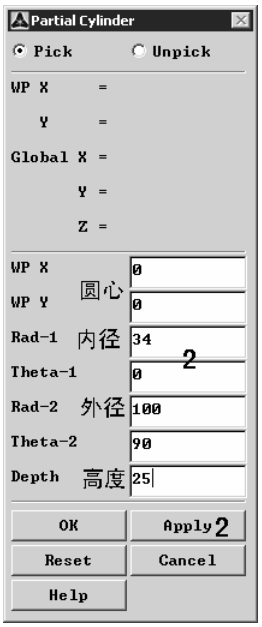


图 20.8 创建部分圆环对话框

2．在创建部分圆环对话框中的输入圆心坐标为：WP X＝0、WP Y＝0，内径 Rad-1＝34，起始角度为 Theta-1＝0，外径为 Rad-2＝100，结束角度为 Theta-2＝90，圆盘厚度为 Depth＝25，如图 20.8 所示。单击 Apply 按照设置的值建立圆盘模型，在 ANSYS 图形显示对话框中将会显示刚创建圆盘(图略)。

3．创建代表轴的圆环。接着，在创建部分圆环对话框中输入相应的值来建立代表四分之一轴的圆环。输入的值为：WP X＝0、WP Y＝0，内径 Rad-1＝25，起始角度为 Theta-1＝0，外径为 Rad-2＝35，结束角度为 Theta-2＝90，圆盘厚度为 Depth＝150。然后单击对话中的 OK 按钮关闭对话框。在 ANSYS 图形显示对话框中将会显示刚创建圆盘。

4．调整所建实体的视图。选择菜单路径 Utility Menu | PlotCtrls | Pan Zoom Rotate，打开 Pan-Zoom -Rotate (平移－缩放－旋转)对话框，并单击对话框右上角的 Iso 按钮，将建立的模型调到比较合适的位置。调整后的两个圆环几何体如图 20.9 所示。读者可以单击对话框下部的动态显示选择框，然后通过鼠标右键来调整视图位置。

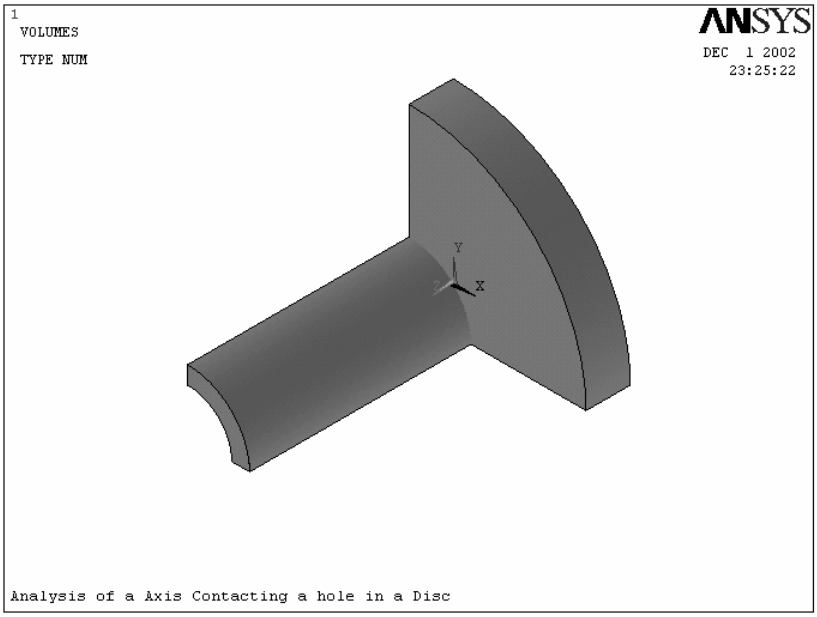


图 20.9 建立的盘轴几何模型

5．将圆环 2(轴)移动到合适的位置。选择菜单路径 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Move / Modify | Volumes，将弹出 Move Volume (移动体)拾取对话框，在图形输出窗口中单击代表轴的圆环将其选中，然后单击对话框中的 OK 按钮关闭对话框。将弹出 Move Volume (移动体)对话框，如图 20.10 所示。

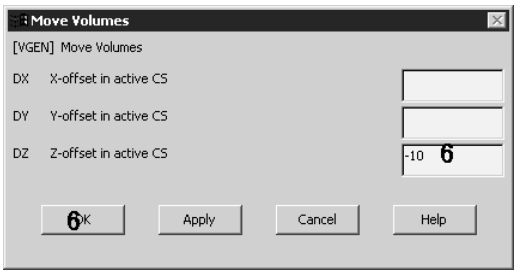


图 20.10 移动体对话框

6．在对话框中的 Z-offset in Active CS (Z 轴方向平移量)文本框中输入“-10”，将该体沿 Z 轴负方向平移 10mm，然后单击 OK 按钮关闭此对话框。

7．对创建的体进行网格划分。选取菜单路径 Main Menu | Preprocessor | Meshing | Mesh Tool 打开分网工具对话框，如图 20.11 所示。

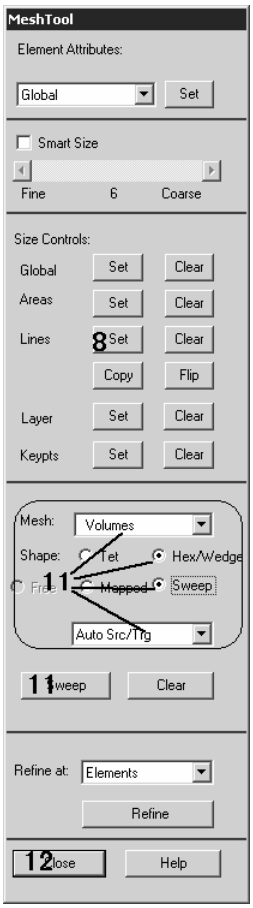


图 20.11 分网工具对话框

8. 对端面上的线进行分网控制。在网格划分工具对话框(Mesh Tool)中的尺寸控制(Size Controls)区中，单击 Lines (线单元)的 Set 按钮，将弹出 Element Sizes on Picked Lines (选定线的单元尺寸定义) 拾取对话框。在图形输出窗口中单击轴某个端面上的两条圆弧线，然后单击拾取对话框中的 Apply 按钮，将弹出 Element Sizes on Picked Lines (选定线的单元尺寸) 定义对话框，如图 20.12 所示。

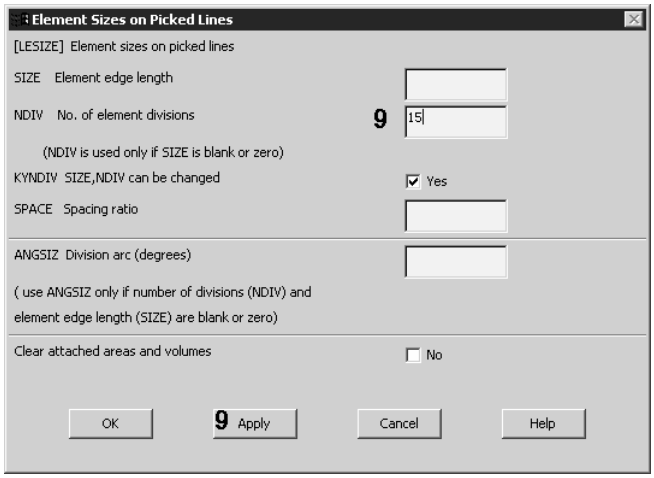


图 20.12 对线进行网格控制

9. 在线单元尺寸控制对话框中的 No. of element divisions (单元划分个数)文本框中输入“15”，指定轴沿周向划分 15 个单元。单击对话框中的 Apply 按钮对设置进行确认。

10．对轴的网格进行控制。重复上面的步骤 8、9 的过程，在图形输出窗口中选则同一端面上的径向边，将它们划分为 2 份。再选择轴的高度上的某条线，将其划分 20 份。

11．完成对轴的网格划分。单击分网工具对话框中的 Mesh 下拉框中的“Volume”，指定分网对象为体。再单击 Shape (分网形状)控制区的“Hex/Wedge”单选按钮，指定形状为六面体。单击其下面的“Sweep”单选按钮，指定分网方式为扫掠。再单击对话框中的 Sweep 按钮，将弹出 Volume Sweeping (扫掠体)拾取对话框，单击图形显示窗口中的轴，将其选中，单击拾取对话框中的 OK 按钮，对轴进行网格划分(关于 Sweep 方式划分网格的详细讲解可参阅本书第 2 章网格划分部分)。

12．对盘进行网格划分。重复步骤 8～11，将盘周向划分 10 份，径向划分 8 份，轴向划分 3 份，同样用扫掠的方式对其进行网格划分，最后单击分网工具对话框中的 Close 按钮关闭对话框。至此，完成了盘轴结构的有限元建模的全部工作，通过上面的工作建立的有限元模型如图 20.13 所示。

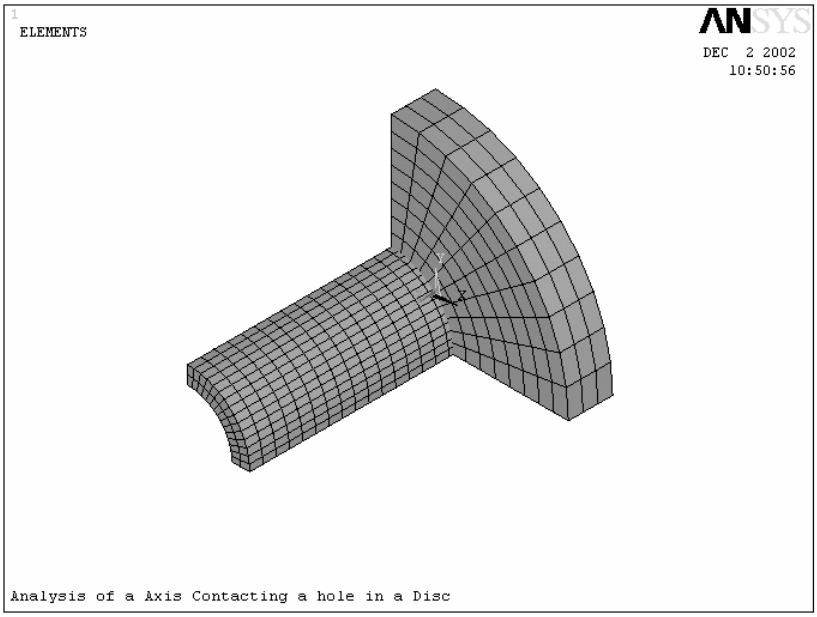


图 20.13 盘轴结构的有限元模型

20.2.5 创建接触对

由于轴和盘在连接时是过盈配合，轴的外表面和盘心的表面之间将构成面面接触对。ANSYS6.1 的接触对生成向导可以使用户非常方便地生成分析需要的接触对。下面我们将利用接触对生成向导来生成本实例需要的接触对。在生成接触对的同时，ANSYS 程序将自动给接触对分配实常数号。

1. 打开接触管理器。选取菜单路径 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Create | Contact Pair，打开 ANSYS6.1 中的 Contact Manager (接触管理器)，如图 20.14 所示。

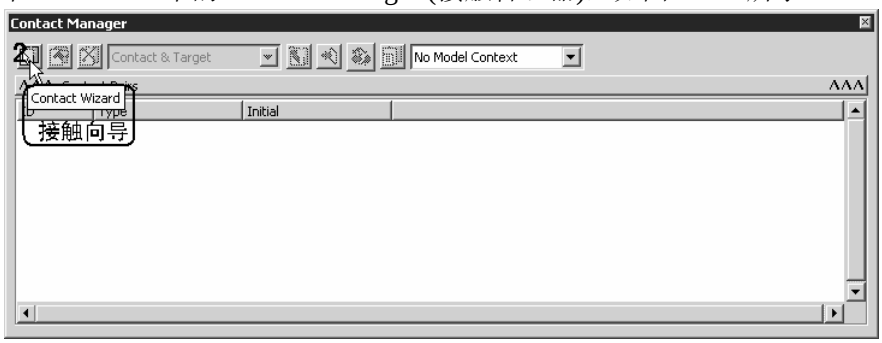


图 20.14 接触管理器

2. 单击接触管理器中的工具条上的最左边按钮，将弹出 Add Contact Pair (添加接触对)对话框，如图 20.15 所示。

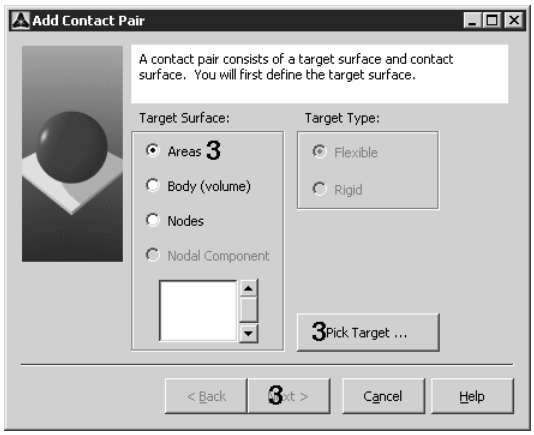


图 20.15 添加接触对对话框

3．单击对话框中的“Areas”单选按钮，指定接触目标表面为面，然后单击 Pick Target ... 按钮来选择具体的目标面。将弹出 Select Area for Target (选择目标面)拾取对话框。在图形输出窗口中单击圆盘的盘心面将其选定，然后单击拾取对话框中的 OK 按钮将其关闭。这时，Add Contact Pair (添加接触对)对话框中的 Next > 按钮将被激活，单击 Next > 按钮进入下一步，将弹出选中接触面的对话框。

4．单击对话框中的“Areas”单选按钮，指定接触表面为面，然后单击 Pick Contact ... 按钮，来选择具体的接触面。将弹出 Select Area for Contact (选择目标面)拾取对话框。在图形输出窗口中单击轴的外环面将其选定，然后单击拾取对话框中的 OK 按钮将其关闭。这时，Add Contact Pair (添加接触对)对话框中的 Next > 按钮将被激活，单击 Next > 按钮进入下一步，对接触对属性进行设置。其对话框如图 20.16 所示。

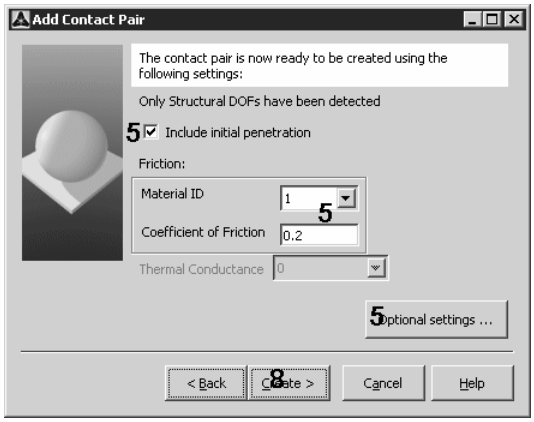


图 20.16 设置接触对属性

5．在对话框中，单击“Include initial penetration”选择框将其选中，使分析中包括初始渗透。单击 Material ID (材料代号)下拉框中的“1”，指定接触材料属性为定义的一号材

料。并在 Coefficient of Friction (摩擦系数)文本框中输入“0.2”，指定摩擦系数为 0.2。单击 Optional settings ... 按钮，来对接触问题的其它选项进行设置，弹出的对话框如图 20.17 所示。

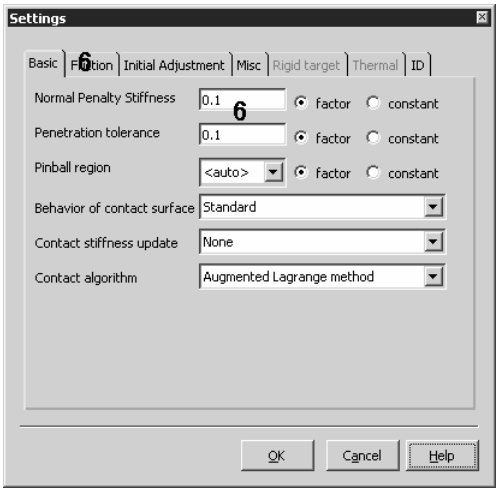


图 20.17 基本设置选项

6．在对话框中的 Normal Penalty Stiffness (正则处罚刚度)文本框中输入“0.1”，指定接触刚度的处罚系数为 0.1。然后单击对话框上部的 Friction (摩擦)标签，打开对摩擦选项设置的选项卡，如图 20.18 所示。

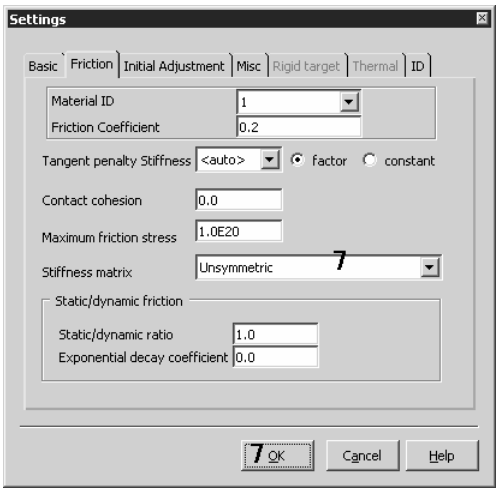


图 20.18 设置摩擦选项

7．单击选项卡中的 Stiffness matrix (刚度矩阵)下拉框中的“Unsymmetric”选项，将其选中，指定本实例的接触刚度为非对称矩阵。其余的设置保持缺省，单击 OK 按钮关闭对话框，完成对接触选项的设置。

8．单击图 20.16 所示的 Create > 按钮，ANSYS 程序将根据前面的设置来创建接触对。然后弹出如图 20.19 所示的对话框。

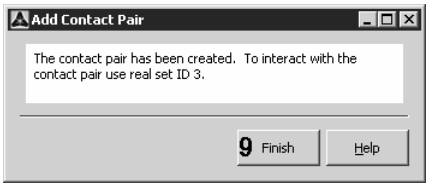


图 20.19 完成接触对的创建

9．查看图 20.19 所示对话框中的信息，然后单击 Finish 按钮关闭对话框。在 ANSYS 的接触管理器的接触对列表框中，将列出刚定义的接触对，其实常数为 3。关闭接触管理器。在图形输出窗口中显示的接触对，如图 20.20 所示。

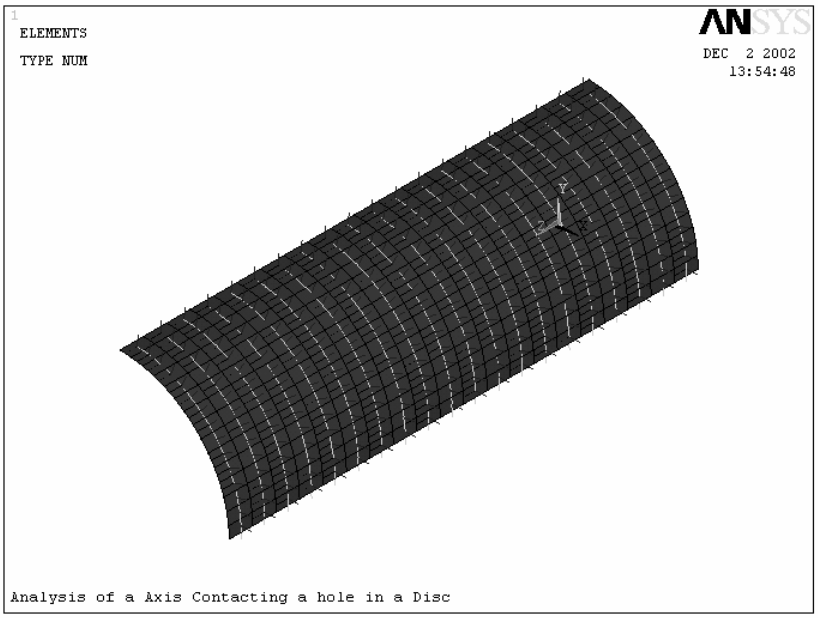


图 20.20 定义的接触对

10．单击 ANSYS Toolbar (工具条)上的 SAVE_DB 按钮，保存数据库文件。

11．选取菜单路径 Utility Menu | Plot | Areas，对建立的模型进行从新显示，在 ANSYS 图形输出窗口中对所建模型的面进行显示。

至此，完成了本实例有限元模型的全部工作，下面将进行加载求解工作。

20.3 加载并求解

因为本实例是对盘轴结构中，将轴从盘心拔出的过程进行非线性分析。根据条件知道在这个过程中盘的外缘节点的自由度该全部约束。又由于建模时为了节约费用，根据模型结构的特点，只建立了四分之一的模型，所以需要在分析时定义对称边条，来模拟真实的情况。

本实例的分析过程由两个载荷步组成，第一个载荷步为过盈分析，求解盘轴过盈安装时的应力情况。第二个载荷步为将轴从盘心拔出时的接触分析，分析在这个过程中盘心面和轴的外表面之间的接触应力。它们都属于大变形问题，属于非线性问题。在分析时需要定义一些非线性选项来帮助问题的收敛。下面进行本实例的加载和求解操作。

20.3.1 定义对称边条和位移约束

前面我们讲过，为了节约建模费用，我们根据模型的结果特点只建立了四分之一模型，这样在分析时就需要定义轴对称边条来模拟实际的情况。另外根据问题的描述知道，圆盘外缘的节点的所有自由度应该被约束。下面为具体的操作过程。

1．定义轴对称边条。选取菜单路径 Main Menu | Solution | Define Loads | Apply | Structural | Displacement | Symmetry B. C. | On Areas，将弹出 Apply SYMM on Areas (在面上施加轴对称边条)拾取对话框。在图形输出窗口中单击选取盘和轴的四个径向截面，如图 20.21 所示。然后，单击拾取对话框中的 OK 按钮关闭对话框，对它们施加轴对称边条。

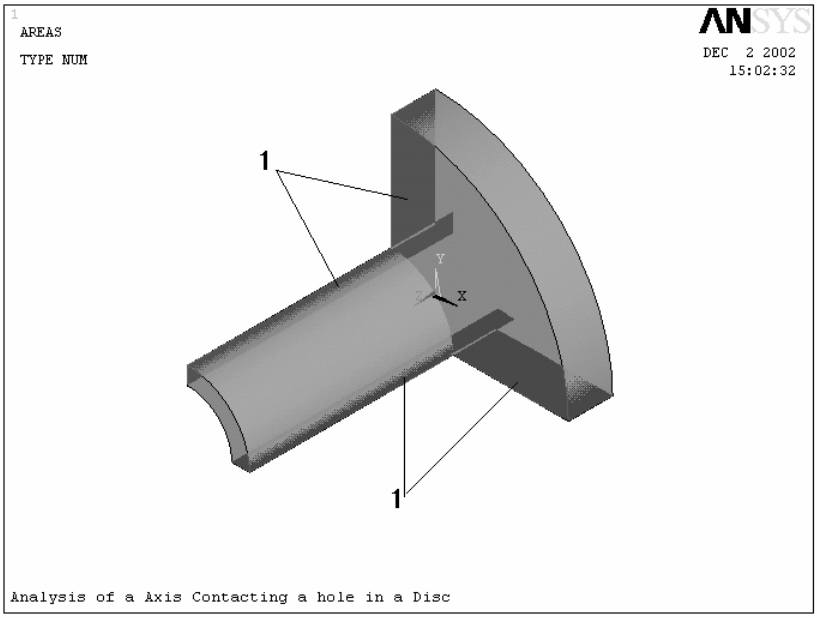


图 20.21 定义轴对称边条

2．定义盘外缘的位移约束。选取菜单路径 Main Menu | Solution | Define Loads | Apply | Structural | Displacement | On Areas，将弹出 Apply U,ROT on Areas (在面上施加位移约束)拾取对话框。在图形输出窗口中单击盘的外缘面，然后单击拾取对话框中的 OK 按钮关闭拾取对话框，将弹出 Apply U,ROT on Areas (在面上施加位移约束)对话框，如图 20.22 所示。

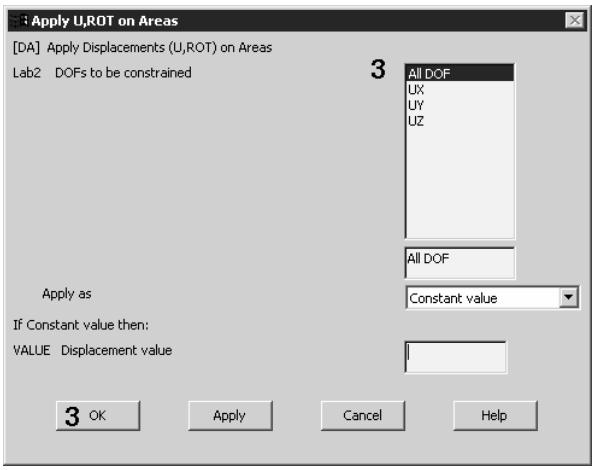


图 20.22 定义位移约束

3．在对话框中，单击 DOFs to be constrainted (约束自由度)列表框中的“All DOF”，使其高亮度显示，将其选中。其余设置保持缺省值(缺省的位移值为 0)，单击 OK 按钮关闭拾取对话框，完成对位移约束的定义。施加的轴对称约束和位移约束如图 20.23 所示。

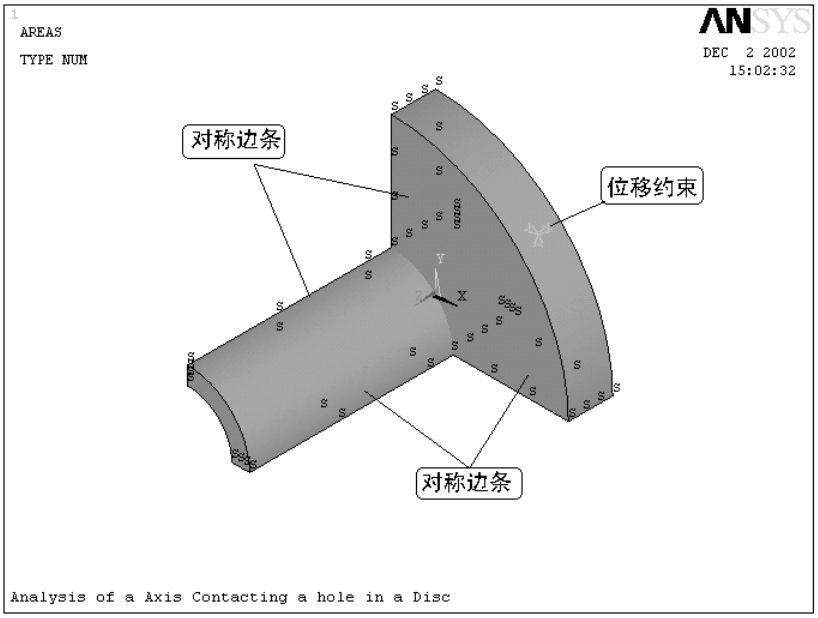


图 20.23 定义的轴对称约束和位移约束

20.3.2 定义并求解第一个载荷步

对于本实例，第一个载荷步是盘轴连接时的过盈配合分析，它属于结构静力分析的大变形分析。这里需要进行的工作是指定分析类型，载荷步选项，以及输出文件控制。

1．指定分析类型。选择菜单路径 Main Menu | Analysis Type | Solution | New Analysis，将会弹出 New Analysis (新分析)对话框(图略)，单击对话框中的“Static”单选按钮，指定分析类型为静力分析。

2．设定分析选项。选择菜单路径 Main Menu | Solution | Analysis Type | Sol'n Controls，将弹出求解控制对话框，如图 20.24 所示。

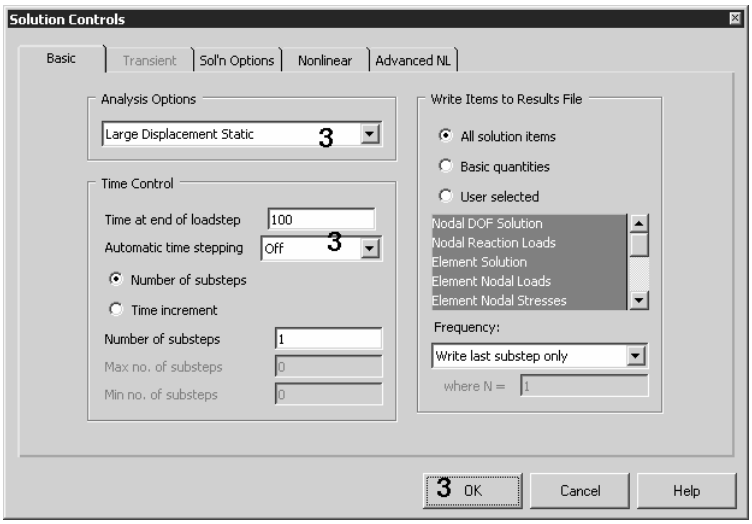


图 20.24 求解控制器的基本选项卡

3．单击 Basic (基本)选项卡左边的 Analysis Options (分析选项)下拉框中的“Large Displacement Static”将其选中，使分析中考虑大变形影响。然后在 Time Control (时间控制区)中设定载荷步结束时间 Time at end of loadstep＝100，并关掉自动时间步(Automatic time stepping 为“Off”)。其余设置保持缺省，然后单击对话框中的 OK 按钮关闭对话框。

注：通过下面方法同样可以对时间步进行设置。单击求解控制(Solution Controls)对话框中的 Advanced NL (高级非线性卡)右下部的 Abridged Menu 按钮，打开隐藏的其余求解选项菜单。然后通过菜单路径：Main Menu | Solution | Load Step Opts | Time/Frequenc | Time-Time Step 来设置。

另外，在进行结构静力分析时 ANSYS 缺省的加载方式为斜坡(Ramped)加载方式，这里我们将不再进行设置。

4．进行第一载荷步求解。选择菜单路径 Main Menu | Solution | Solve | Current LS，将弹出 STATUS Command (求解设置状态) 窗口(见图 20.25)，和 Solve Current Load Step (求解当前载荷步)对话框(见图 20.26)。

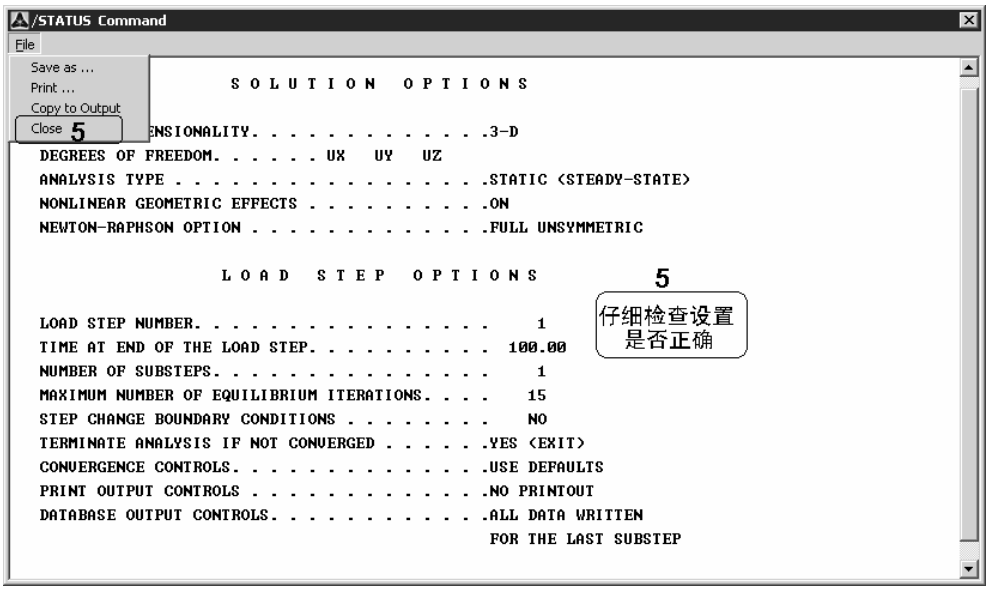


图 20.25 求解设置状态对话框

5．仔细阅读求解状态窗口中的信息，检查所有的选项和设置是否都正确。如果正确，单击图 20.26 所示对话框框中的 OK 按钮，对当前载荷步进行求解。如果有不对的地方，单击对话框中的按钮 Cancel，取消这次求解，对正确的设置进行修改并从新求解。

6．ANSYS 程序会在求解时弹出不同的状态对话框显示正在进行的求解内容。经过一定的运算求解之后，会弹出求解完成提示对话框，单击 Close 按钮，完成第一载荷步的求解。

7．求解完成之后 ANSYS 图形显示窗口中显示的是求解过程的迭代曲线，选择菜单路径 Utility Menu | Replot，可以对窗口中的内容重新显示成盘轴结果的有限元模型。

20.3.3 定义并求解第二载荷步

本实例中，第二载荷步是求解将轴从盘心拔出过程中轴和盘的接触应力情况。在这个载荷步中需要定义轴的位移值(沿轴向移动的距离)。同时，需要定义多个载荷子步来进行迭代求解。下面是定义并求解第二载荷步的具体操作过程。

1．设定分析选项和输出控制选项。选择菜单路径 Main Menu | Solution | Analysis Type | Sol'n Controls，将弹出 Solution Controls (求解控制)对话框，如图 20.27 所示。

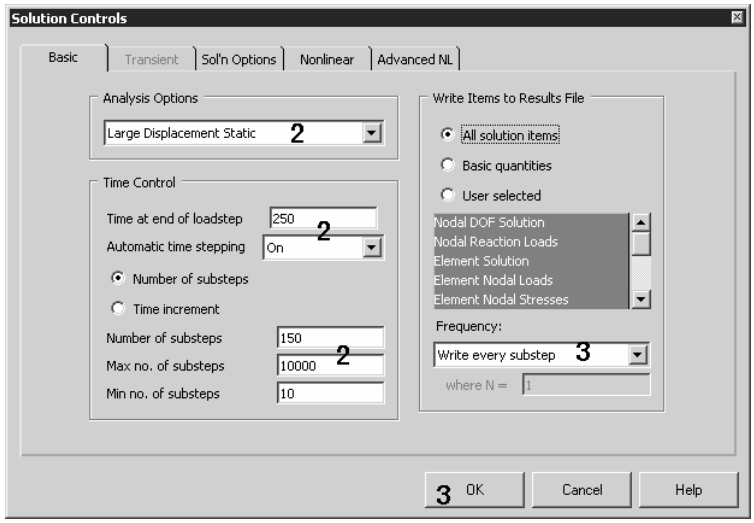


图 20.27 求解控制对话框

2．在求解控制对话框中的 Basic (基本)选项卡中，将 Analysis Options (分析选项)设置为“Large Displacement Static”，指定为大变形分析。将 Time Control (时间控制)区的 Time at end of loadstep (载荷步结束时间)设置为“250”，并打开 Automatic time stepping(自动时间步选项)，设置为“On”)。并且将 Number of substeps (载荷子步数)文本框设置为“150”，Max no. of substeps (最大子步数)为“10000”，Min no. of substeps (最小载荷子步数)为“10”。

3. 单击对话框右边 Write Items to Results File (结果输出项)设置区下面的 Frequency (输出频率)下拉框中的“Write every substep”，将每个载荷子步结果都输出到结果文件中。然后单击 OK 按钮关闭对话框。

4. 施加位移载荷(将轴沿轴向平移 40mm，拔出盘孔)。选取菜单路径 Utility Menu | Select | Entities，将弹出 Select Entities (选择实体)对话框，如图 20.28 所示。单击对话框中最上面下拉框中的“Node”，指定选择对象为节点。接着在下面的下拉框中单击“By Location”，指定选择方式为根据坐标值来选取。单击“Z coordinates”单选按钮，在下面的文本框中输入“140”，指定选取 Z 坐标值为 140 的所有节点。单击 Sele All 按钮，然后单击 OK 按钮关闭对话框，完成选取。

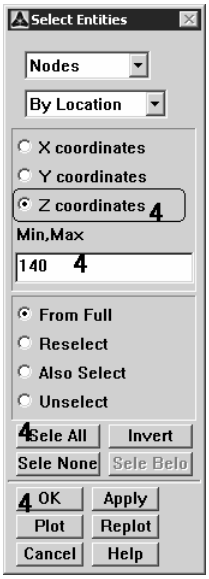


图 20.28 选取轴对面上的节点

5．选取菜单路径 Main Menu | Solution | Define Loads | Apply | Structural | Displacement | On Nodes，将弹出施加节点位移载荷拾取对话框，单击对话框中的Pick All按钮，将弹出 Apply U,ROT on NOdes (施加节点位移载荷)对话框，如图 20.29 所示。单击对话框中约束自由度列表框中的“UZ”，使其高亮度显示。然后在 Displacement value (位移值)文本框中输入“40”，其余设置保持缺省，单击OK按钮关闭对话框，完成位移载荷的施加。

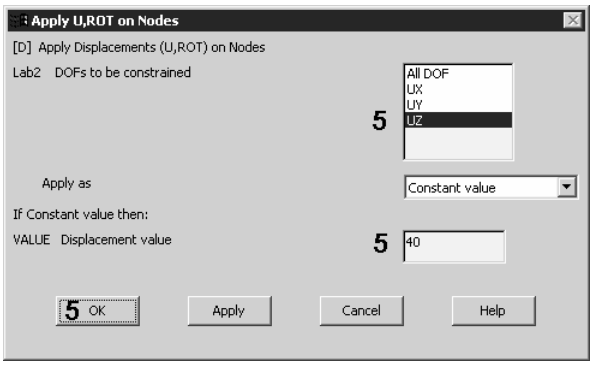


图 20.29 施加位移载荷

6．选取菜单路径 Utility Menu | Select | Everythings，选取所有的有限元元素。

7．由于大变形影响和加载方式在第一载荷步中都已经设置，这里不需要再重新定义。下面直接求解第二载荷步。选择菜单路径 Main Menu | Solution | Solve | Current LS，将弹出 STATUS Command (求解设置状态) 窗口和求解 Solve Current Load Step (当前载荷步)对话框(图略)。

8．仔细阅读求解状态窗口中的信息，检查所有的选项和设置是否都正确，然后关闭它。如果信息正确，单击求解当前载荷步对话框框中的OK按钮，对当前载荷步进行求解。如果有不对的地方，单击对话框中的按钮Cancel，取消这次求解，对不对的设置进行修改并重新求解。

9．ANSYS 程序会在求解时弹出不同的状态对话框显示正在进行的求解内容，经过一定的运算求解都完成之后，会弹出求解完成提示对话框，单击 Close 按钮，完成第二载荷步的求解。

至此完成了将轴从盘心拔出过程中接触应力的分析，下面通过 ANSYS 的后处理功能来观测求解的结果。

20.4 结果分析

上面对轴和盘的接触分析进行了求解，下面我们首先将分析过程中建立的四分之一模型扩展成完整的盘轴结构模型，然后通过通用后处理器(POST1)和时间－历程后处理器(POST26)来观察求解的结果。

20.4.1 利用通用后处理器观察结果

在通用后处理器中，主要观察两个载荷步求解的盘轴过盈配合应力和将轴从盘孔拔出时在接触面上的接触应力情况。也可通过 ANSYS 提供的动画功能观察整个过程的动画显示，具体操作过程如下。

1．扩展模型。选取菜单路径 Utility Menu | PlotCtrls | Style | Symmetry Expansion | Periodic/Cyclic Symmetry，将弹出 Periodic/Cyclic Symmetry Expansion (周期、轴对称扩展)对话框，如图 20.31 所示。

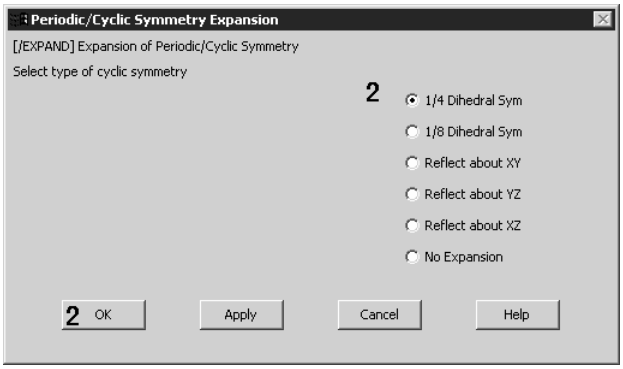


图 20.30 模型扩展对话框

2．单击对话框中的“1/4 Dihedral Sym”单选按钮，指定要扩展的对称类型为四分之一两面角系统。原来我们建立的四分之一模型将会被扩展成为整个的盘轴结构模型，如图 20.31 所示。

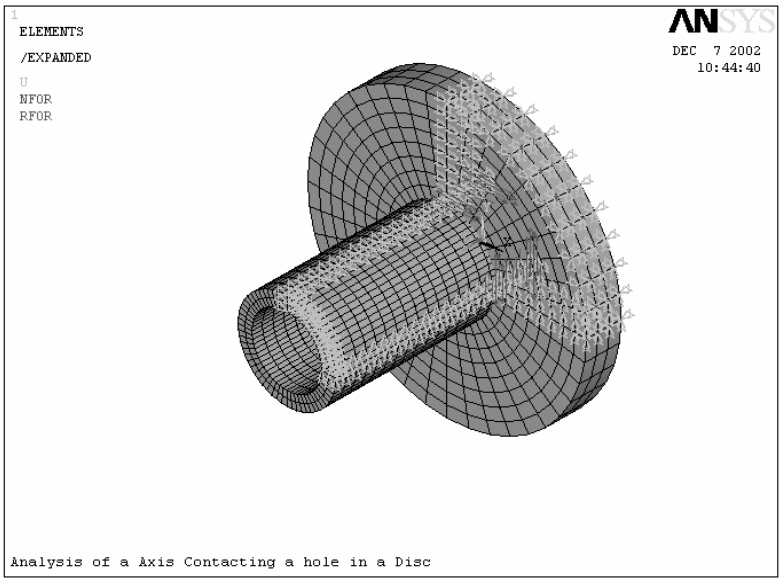


图 20.31 扩展后的模型

3．查看过盈配合时盘轴结构的应力分布情况。选择菜单路径：Main Menu | General Pestpro | Read Results | By Load Step。将弹出 Read Results by Load Step Number (根据载荷步数读取结果)对话框，保持对话框中的缺省设置(缺省值为 LSTEP=1,SBSTEP=LAST)，单击 OK 按钮关闭对话框，读取第一载荷步的最后一个载荷子步的结果。

4．选择菜单路径 Main Menu | General Postproc | Plot Results | Contour Plot | Nodal Solu，将会弹出 Contour Nodal Solution Data (绘制节点解数据的等值线)对话框，如图 20.32 所示。

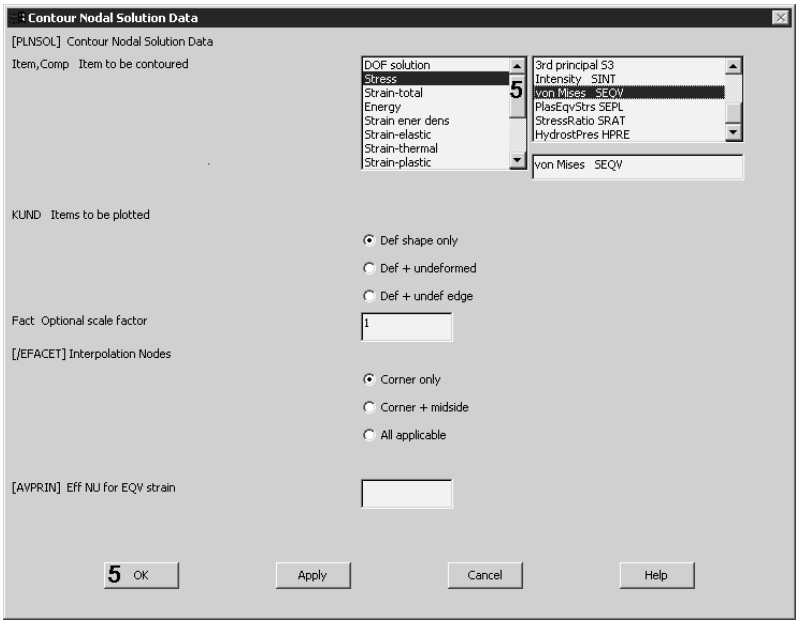


图 20.32 绘制节点解数据的等值线对话框

5．在对话框中要显示项目的靠近左边的列表框中，单击“Stress”使其高亮度显示。

在靠近右边的列表框中，卷动到等效应力“Von Mises SEQV”后，单击它使其高亮度显示，然后单击 OK 按钮。在 ANSYS 图形输出窗口中将会显示盘轴结构过盈配合产生的等效应力等值线图，如图 20.33 所示。

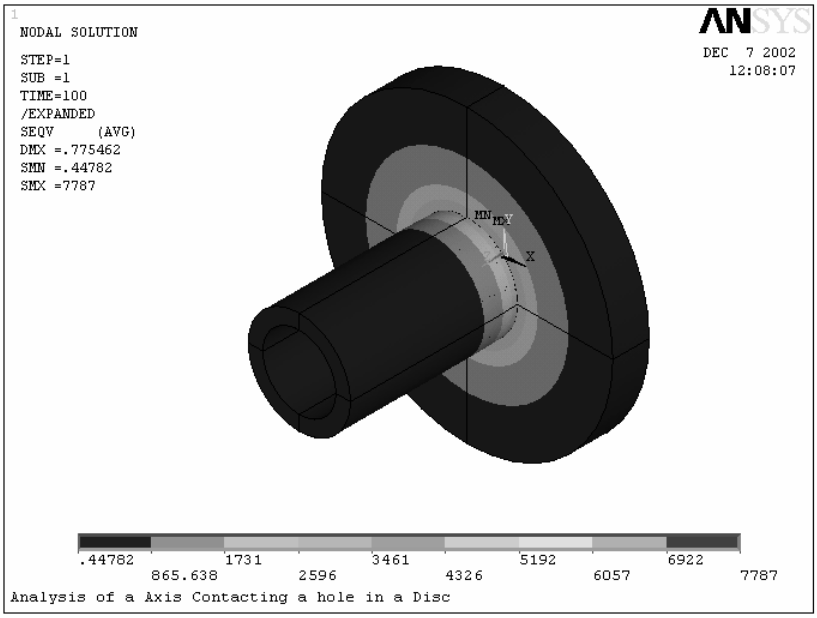


图 20.33 盘轴过盈配合应力分布图

6．下面来查看拔出过程中某一时刻轴的接触面上的压力分布。选择菜单路径：Main Menu | General Pestpro | Read Results | By Time/Freq，将弹出 Read Results by Time or Frequency (根据时间和频率来查看结果)对话框，如图 20.34 所示。在对话框中的 Value of time or freq (时间值)文本框中输入“120”，指定时间为 120，然后单击 OK 按钮关闭对话框。

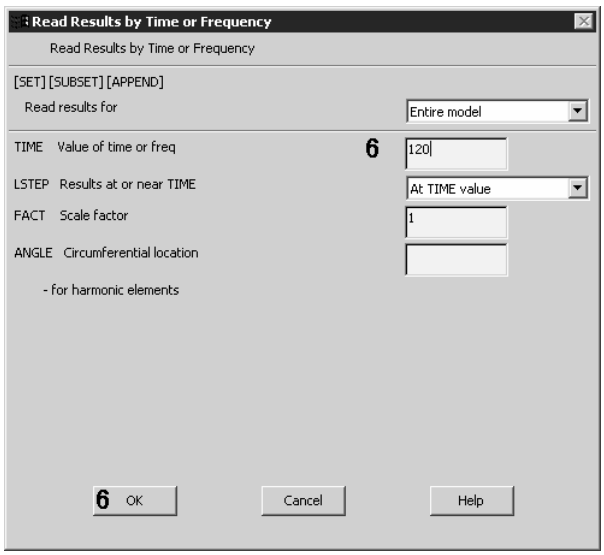


图 20.34 指定查看时间结果的时间值

7．选出接触单元。选取菜单路径 Utility Menu | Select | Entities，将弹出选择实体(Select Entities)对话框。单击对话框中最上面下拉框中的“Element”，指定选择对象为单元。接着在下面的下拉框中单击“By Elem Name”，指定选择方式为根据单元名来选取。在下面的“Element Name”文本框中输入“174”，指定选取所有接触单元。单击 Sele All 按钮，然后单击 OK 按钮关闭对话框，完成选取。

8．显示选择结果。选取菜单路径 Utility Menu | Plot | Elements，在图形输出窗口中将显示选取的所有接触单元，如图 20.35 所示。

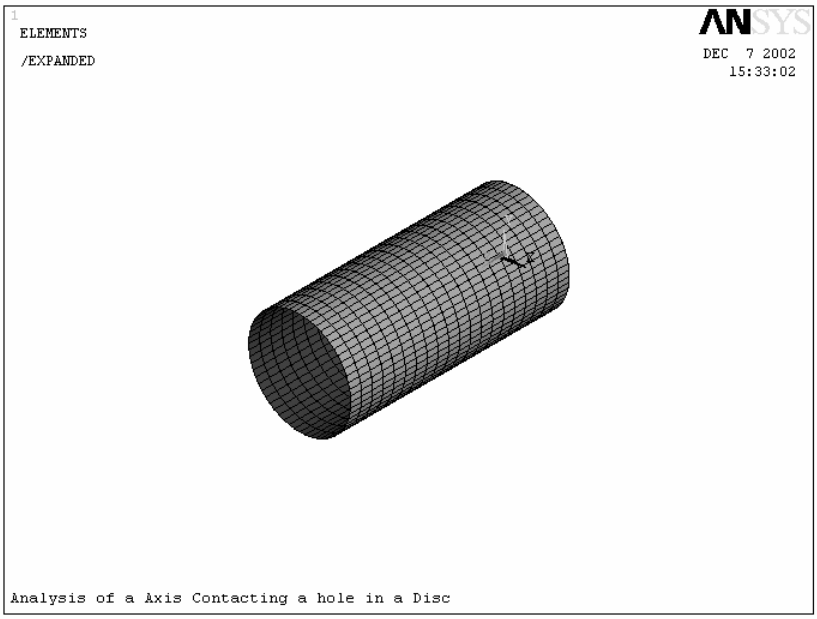


图 20.35 选取的所有接触单元

9．选择菜单路径 Main Menu | General Postproc | Plot Results | Contour Plot | Nodal Solu，将会弹出 Contour Nodal Solution Data (绘制节点解数据的等值线)对话框，如图 20.32 所示。在要显示项目的靠近左边的列表框中，单击“Contact”使其高亮度显示。在靠近右边的列表框中，卷动到压力“Pressure PRES”后，单击它使其高亮度显示，然后单击 OK 按钮。在 ANSYS 图形输出窗口中，将会显示盘轴结构在 120 时接触单元上的压力分布云图，如图 20.36 所示。

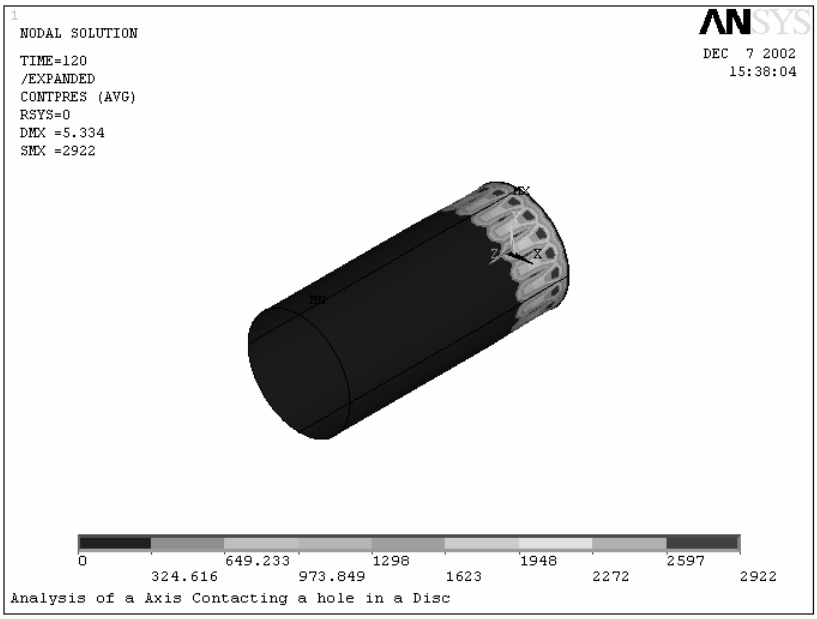


图 20.36 接触单元上的压力分布云图

10．选取菜单路径 Utility Menu | Select | Everything，选取所有有限元元素。

在 ANSYS 同样后处理器(POST1)中，我们还可以查看任意时刻的整个模型中的等效应力分布情况，或压力、位移求解结果。还可以通过菜单路径 Utility Menu | Plot Ctrls | Animate | Over Results 来对结果进行动画显示。也可以通过菜单路径 Utility Menu | List | Nodes 来对节点结果进行列表显示，查看反作用力等，这里不再详细讲解，读者可以自己操作查看。

18.4.2 利用时间－历程后处理器分析结果

这里我们将利用 ANSYS 提供的时间－历程变量查看器来定义相应的时间历程变量，并绘制出不同变量随时间变化的曲线，具体的操作如下。

1．选择菜单路径 Main Menu | TimeHist Postpro，进入时间－历程后处理器。弹出 Time History Variables (时间－历程变量)对话框，如图 20.37 所示。

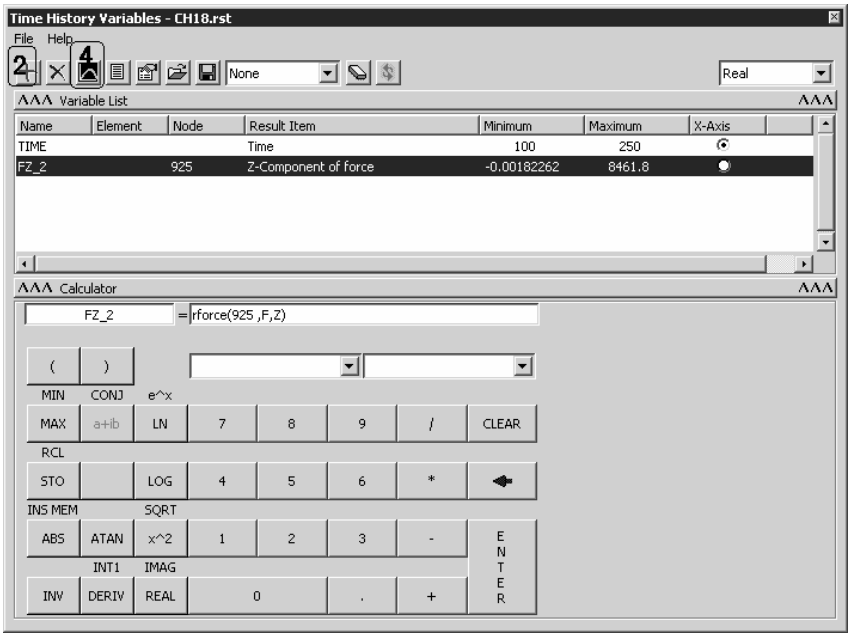


图 20.37 时间－历程变量对话框

2. 定义轴端面上的节点沿 Z 方向的约束反力的时间－历程变量。在时间－历程变量对话框中，单击工具栏上最左边的按钮，将弹出 Add Time History Variable (添加时间－历程变量)对话框，如图 20.38 所示。

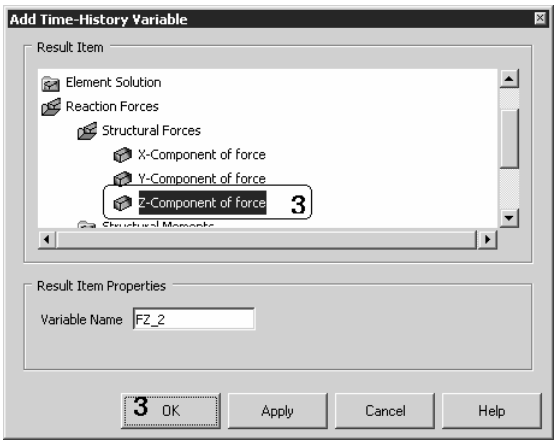


图 20.38 添加时间－历程变量对话框

3. 在添加时间－历程变量对话框中的 Result Item (结果项目)列表框中，依次单击路径：Reaction Forces | Structural Forces | Z-Component of Force，使其高亮度显示。Variable Name (变量名)将会变为：“FZ_2”，然后单击 OK 按钮关闭对话框。将会弹出节点选择对话框，在图形输出窗口中选择轴向坐标为 140 的端面上的某一节点，单击 OK 按钮。将会在时间－历程变量查看器中的变量列表框中显示定义的 2 号变量“FZ_2”，见图 20.37。

4. 绘制 Z 方向约束随时间的变化曲线。单击时间－历程变量对话框中工具栏上的按

钮，ANSYS 将会在图形窗口中绘制出端面节点沿 Z 轴方向的约束反力随时间的变化曲线，如图 20.39 所示。

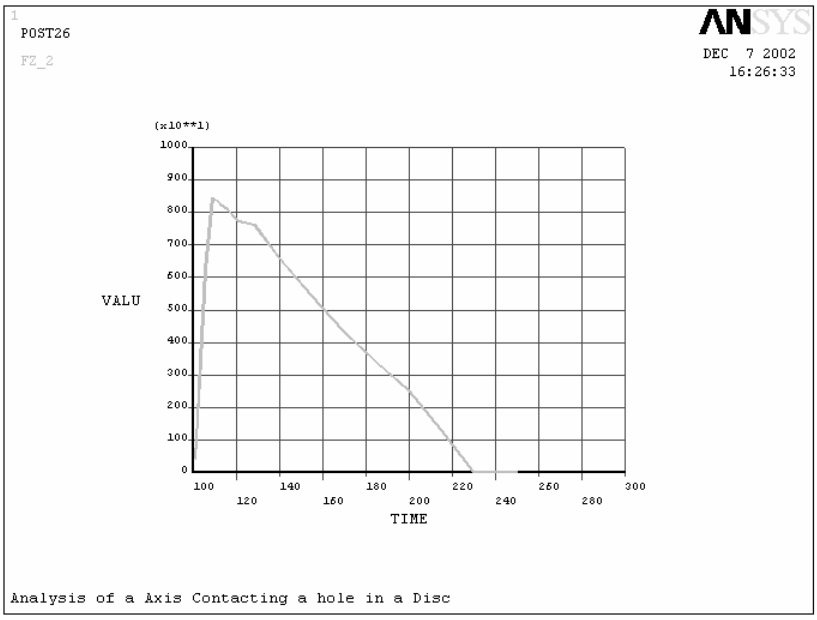


图 20.39 轴端面上节点的约束反力随时间的变化曲线

上面讲解了如何定义相关的变量并绘制其随时间的变化曲线。读者还可以根据分析问题的需要定义其它时间－历程变量，并绘制它们的相应曲线。

在完成了所有需要的分析之后，单击 ANSYS 工具条中的QUIT按钮，退出 ANSYS 程序。

20.5 接触分析的命令流

你可以用下面显示的 ANSYS 命令替代 GUI 选择，进行上面这个例题的接触分析。

```
/TITLE,Analysis of a Axis Contacting a hole in a Disc     ！定义标题
/PREP7
!*
ET,1,SOLID185                          ！定义单元类型
!*
MP,EX,1,2.1E5                          ！定义材料属性
MP,PRXY,1,0.3
!*
CYL4,0,0,34,0,100,90,25                ！创建四分之一圆环
CYL4,0,0,25,0,35,90,150
VGEN, ,2, , , , ,-10, , ,1             ！移动轴
!*
```

```
LESIZE,17, , ,15, , , , ,1                    ！定义线的分网尺寸
LESIZE,19, , ,15, , , , ,1
!*
LESIZE,18, , ,2, , , , ,1
LESIZE,20, , ,2, , , , ,1
!*
LESIZE,22, , ,20, , , , ,1
!*
LESIZE,5, , ,10, , , , ,1
LESIZE,7, , ,10, , , , ,1
!*
LESIZE,6, , ,8, , , , ,1
LESIZE,8, , ,8, , , , ,1
!*
LESIZE,10, , ,3, , , , ,1
!*
VSWEEP,ALL                          ！用扫掠方式对创建的体进行网格划分
!*
/COM, CONTACT PAIR CREATION - START
MP,MU,1,0.2                         ！定义接触摩擦系数
MAT,1
R,3                                 ！定义接触实常数
REAL,3
ET,2,170                            ！定义接触单元类型
ET,3,174
R,3,,,0.1,0.1,,
NROPT,UNSYM
!* Generate the target surface       下面创建目标面
ASEL,S,,,4
CM,_TARGET,AREA
TYPE,2
NSLA,S,1
ESLN,S,0
ESURF,ALL
!* Generate the contact surface      下面创建接触面
ASEL,S,,,9
CM,_CONTACT,AREA
TYPE,3
NSLA,S,1
```

```
ESLN,S,0
ESURF,ALL
CMDEL,_TARGET
CMDEL,_CONTACT
ALLSEL,ALL
EPLOT
FINISH
!*
/SOLU                          进入求解器
DA,5,SYMM                      ！定义面的对称位移边条
DA,6,SYMM
DA,11,SYMM
DA,12,SYMM
DA,3,ALL,                      ！定义面的位移约束条件
!*
ANTYPE,0                       ！指定分析类型为静力分析
NLGEOM,1                       ！考虑大变形影响
AUTOTS,0
TIME,100
SOLVE                          ！求解第一载荷步
!*
NSUBST,150,10000,10
OUTRES,ALL,ALL
AUTOTS,1
TIME,250
NSEL,S,LOC,Z,140               ！选定轴向坐标为 140 的所有节点
D,ALL,UZ,40
ALLSEL,ALL
SOLVE                          ！求解第二载荷步
!*
/EXPAND,4,POLAR,HALF,,90       ！进行模型扩展
/REPLOT
!*
/POST1                         ！进入同样后处理器
SET,1,LAST,1,                  ！指定查看的载荷步
PLNSOL,S,EQV,0,1               ！查看等效应力的云图
!*
SET, , ,1, ,120, ,
ESEL,S,ENAME,,174
```

```
EPLOT
PLNSOL,CONT,PRES,0,1
!*
PLNS,S,EQV
ANDATA,0.5, ,1,0,0,1,1,1                    ！ 查看动画显示
!*
/POST26
!*
RFORCE,2,925,F,Z, FZ_2                      ！ 定义约束反力变量
PLVAR,2,                                    ！ 绘制变量－时间曲线
FINISH
```