有限元分析的典型 Project

【基本建模 Project1】2D 问题：带孔平板的有限元分析

计算分析模型如图 1.1 所示。下面对该平面结构进行整体建模和分析，实际上，利用该结构的对称性，还可以取结构的 1/4 部分进行建模和分析。

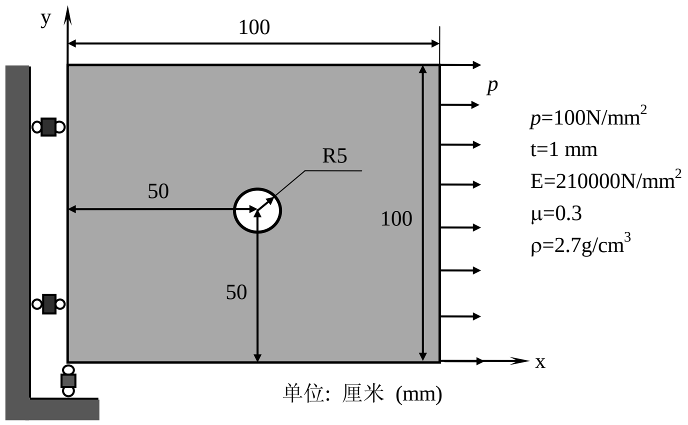


图 1.1　平面问题的计算分析模型

【建模要点】

1. 属于平面应力问题，单元选择：PLANE182
2. 分别建立平面方板和圆孔平面
3. 通过布尔运算生成带孔平板
4. 对几何模型的线设置网格大小后进行网格划分

1.1 基于图形界面(GUI)的交互式操作(step by step)

(1) 进入 ANSYS

程序 →**ANSYS 9.0 ed**→**Interactive** →change the **working directory** into yours →input **Initial jobname: plate** →**Run**

(2) 设置计算类型

ANSYS Main Menu**: Preferences…** →select **Structural** → **OK**

(3) 选择单元类型

ANSYS Main Menu**: Preprocessor** →**Element Type**→**Add/Edit/Delete…** →**Add…** →select **Solid Quad 4node 182** →**OK** (back to **Element Types** window) → **Options…** →select **K3: Plane Strs w/thk(带厚度的平面应力问题)** →**OK**→**Close** (the **Element Type** window)

(4) 定义材料参数

ANSYS Main Menu**: Preprocessor** →**Material Props** →**Material Models**→**Structural** →**Linear** →**Elastic**→ **Isotropic:** input **EX:2.1e5(弹模) PRXY:0.3(泊松比)** → **OK**, then close the window.

(5) 定义实常数

ANSYS Main Menu: **Preprocessor** →**Real Constants…** →**Add/Edit/Delete** →**Add** →select **Type 1**→ **OK**→ input **Real Constant Set No: 1(第 1 号实常数), THK:1(平板的厚度)** →**OK** →**Close** (the **Real Constants** Window)

(6) 生成几何模型

生成平面方板

ANSYS Main Menu: **Preprocessor** →-Modeling- **Create** →-Areas- **Rectangle** → **By 2 Corners** →input WP X:**0**、WP Y:**0**、Width:**100**、Height:**100** →**OK**

生成圆孔平面

ANSYS Main Menu: **Preprocessor** → -Modeling- **Create** → -Areas- **Circle** → **Solid Circle** → input: WP X:**50**、WP Y:**50**、Radius:**5** → **OK**

生成带孔方板(用布尔运算)

ANSYS Main Menu: **Preprocessor** →-Modeling- **Operate** →-Booleans- **Subtract** → **Areas** → pick area 1(方板) → **OK**→ **OK** → pick area 2 (圆孔) **(Next)** →**OK** →**OK**

(7) 网格划分

ANSYS Main Menu: **Preprocessor** → **Meshing** → **MeshTool…** → (Size Controls) Globl: **Set** → input **NDIV:5** → **OK** (back to **MeshTool** window) → **MeshTool** →**Mesh** →**Pick All** (in Picking Menu) **(close the yellow warning window)**→ **Close** (the **MeshTool** window)

(8) 模型施加约束

左边加 X 方向的约束

ANSYS Main Menu: **Solution** → **Define Loads** → **Apply** →**Structural** → **Displacement** → **On Nodes** → pick the nodes on the left edge (可用 box 拉出一个矩形框来框住左边线上的节点，也可用 single 来一个一个地点选) → **OK** → select **Lab2: UX** (**注意: **VALUE** 不填时缺省值为 0) → **OK**

左下角节点加 X -Y 两方向的约束

ANSYS Main Menu: **Solution** → **Define Loads** → **Apply** →**Structural** → **Displacement** → **On Nodes** → pick the node at (0,0) → **OK** → select **Lab2:UX, UY** → **OK**

右边加 X 方向的载荷约束

ANSYS Main Menu: **Solution** → **Define Loads** → **Apply** →**Structural** → **Pressure** → **On Lines** →pick the right edge of the plate → **OK** →input **VALUE: －100** (close the yellow warning window)→**OK**

(9) 分析计算

ANSYS Main Menu: **Solution** → **-Solve- Current LS** →**OK**(to close the **solve Current Load Step** window) → Should The Solve Command be Executed? **Y**→ Solution is done! close

(10) 结果显示

ANSYS Main Menu: **General Postproc** →**Plot Results** →**Deformed Shape…** → select **Def + Undeformed** →**OK** (back to **Plot Results** window)→ -Contour Plot- **Nodal Solu…** →select **Stress, Von Mises, Def + Undeformed** →**OK**

(11) 退出系统

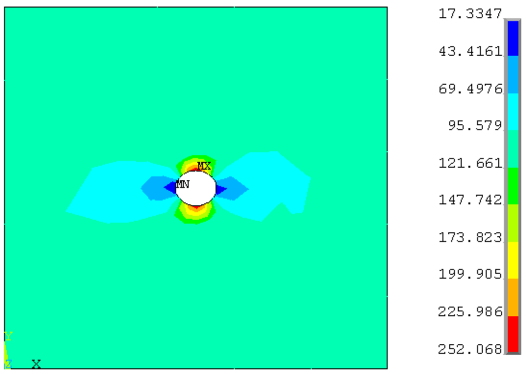
ANSYS Utility Menu: **File**→ **Exit…**→ **Save Everything**→**OK**

(12) 计算结果的验证

按以上计算方案，可得到最大的 x 方向的应力和最大的 Von Mises 等效应力如下：

$$\sigma_{x\_max} = 252.07MPa$$
$$\sigma_{eqv\_max} = 232.08MPa$$

而孔边的 *x* 方向应力分布和 Von Mises 等效应力分布分别见图 11.2 和图 11.3。



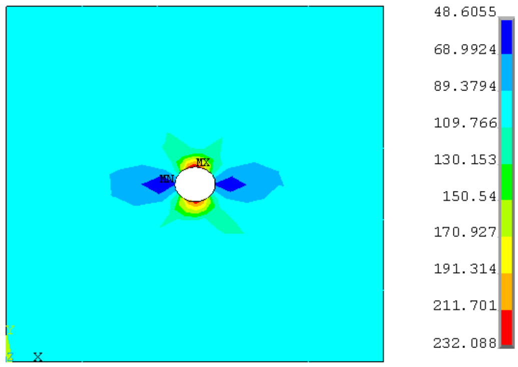


图 1.2 孔边的 x 方向应力分布　　　　图 1.3 孔边的 Von Mises 等效应力分布

(13) 考察 ANSYS 所生成的文件系统

在完成以上 GUI 操作后，在工作目录内，将发现和文件名 plate.*相关的文件如表 1.1 所示。

表 1.1 ANSYS 中所生成的一系列文件

文件名	文件内容
plate.log	ASCII 文本文件，命令流记录文件，将每次操作(无论是菜单操作还是命令操作)全部记录在该文件中，无论你是初次进入 ansys 系统还是再次进入，都在 jobname 的 log 文件中(在这里为 plate.log)连续记录。
plate.db	Binary 文件，数据库文件，记录所有有限元系统的信息，包括几何、单元、外载、分析中的信息。该文件必须用 save 命令才能保存最新的信息，如果该文件已存在，则原有的文件将以 plate.dbb 名称保存。
plate.emat	Binary 文件，单元矩阵信息。
plate.err	ASCII 文本文件，记录错误信息。
plate.esav	
plate.mntr	
plate.rst	Binary 文件，保存有限元分析完成后的结果。
plate.tri	

在以上文件中，plate.log 文件是操作的最原始记录，非常有用，对该文件的内容可以增添和

修改，可以进行参数化处理，可以实现满足你个人要求的二次开发，可以实现不同 ansys 版本间的移植。当你在 ansys 中调入该文件并运行后，将可以生成所有 ansys 的其它文件。

1.2　log 命令流文件的调入操作(可由 GUI 环境下生成 log 文件)

以上的操作已经形成了 plate.log 文件，该文件为文本文件，文件很小，如果在工作目录中只有该文件，而无 ansys 分析的其它文件(plate.db, plate.emat, plate.rst, plate.err. plate.tri)，在 ansys 系统中调入该文件，可以自动完成前面已经作过的几何建模、有限元网格划分、施加约束和外载、计算和分析等所有步骤，并生成所有文件(plate.db, plate.emat, plate.rst, plate.err. plate.tri)；在 ansys 系统中调入该文件并运行的方式如下：

(1) 进入 ANSYS

程序 →**ANSYS 6.1ed** →**Interactive** →change the **working directory** into yours →input **Initial jobname: plate_new**(设置一个新的工作文件，也可以使用原工作文件，但会覆盖原文件)→**Run**

(2) 在 ANSYS 中(当前的工作文件是 plate_new)调入 plate.log 文件

ANSYS/Structural U Utility **Menu**→**file**→**read input from**→**plate.log**(相应目录中的文件)→**OK**，则可以全自动地完成前面所有操作。

1.3 完全的直接命令输入方式操作

以下为求解上述问题的各行命令，在 ANSYS 菜单界面的命令输入框中逐行输入，
ANSYS input 的窗口对话框见图 11.5。

也可以将所有命令形成一个文本文件(.log)，然后在 **Option Utility Menu**→**file**→**read input from**→**plate.log**(相应目录中的文件)→**OK** 的方式调入。

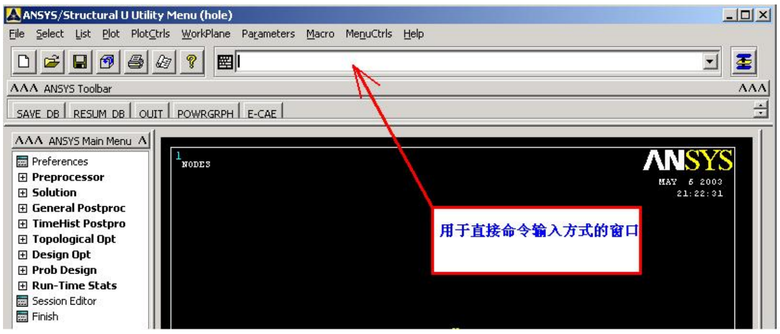


图 1.4 ANSYS 中命令行输入的对话框窗口

以下为命令流语句；注意：以“!”打头的文字为注释内容，其后的文字和符号不起运行作用。

```
!%%%%%%% [基本建模 Project1] %%%% begin %%%%%%
/PREP7                     ! pre-processor
ET,1,PLANE182              ! select element type (no.1 plane182 )
KEYOPT,1,3,3               !set plane stress with thickness
R,1,1,                     !real constant (thickness=1)
UIMP,1,EX, , ,2.1e5,       !elastic modulus
UIMP,1,PRXY, , ,0.3,       !poission ratio
BLC4,0,0,100,100           !create a rectanglar area (x=0,y=0, width=100,height=100), area No.1
CYL4,50,50,5               !create a circular area (center x=50,y=50,rad=5) , area No.2
ASBA,   1,    2            !subtract area No.2 from area No.1, i.e. the area No.1 – the area No.2
ESIZE,0,5,                 !divide 5 pieces for every line
```

```
MSHAPE,0,2D                  !key=0 for quadrilateral-shaped element (2D)
MSHKEY,0                     !free meshing (0)
AMESH,all                    !mesh all area
FINISH                       !pre-processor end
/SOLU                        !enter solution environment (for DOF constraints, force, solve)
NSEL,S,LOC,X,0               !select the nodes at x=0
D,all,UX                     !apply ux=0 for selected nodes
NSEL,R,LOC,Y,0               !re-select the node at y=0 based on above selection (x=0, y=0)
D,ALL,UY                     !apply uy=0 for selected node
LSEL,S,LOC,X,100             !select the line at x=0
SFL,all,PRES, -100           !apply a pressure on selected line
ALLSEL                       !select all
SOLVE                        !solve
FINISH                       !end the solution
/POST1                       !enter solution environment (for DOF constraints, force, solve)
PLNSOL,S,X                   !display the distribution of σxx

!%%%%%%%% [基本建模 Project1] %%%% end %%%%%%
```

1.4 APDL 参数化编程操作

APDL 的含义为：ANSYS Parametric Design Language

(1) 如果希望将方板的宽度和高度设为参数(每个变量不超过 8 个字符)：

plate_w=80
plate_h=120

(2) 如果希望将中间孔的位置和半径设为参数：

hole_x=30
hole_y=40
hole_r=8

(3) 将弹性模量设为参数

e_modu=1e5

(4) 将每边的单元分段设为参数

line_div=6

(5)将外载值设为参数

pressure=200

以下为经 APDL 参数化设定后的命令流文件(.log)

```
!%%%%%%%% [基本建模 Project1] parameterized log file:   p_plate.log %%%% begin %%%%%%
/PREP7                        ! pre-processor
!set parameters---begin
plate_w=80                    !set the width of plate
plate_h=120                   !set the height of plate
```

```
hole_x=30                        !set the x coordinate of hole center
hole_y=40                        !set the y coordinate of hole center
hole_r=8                         !set the rad. of hole
e_modu=1e5                       !elastic modulus
line_div=6                       !set the divided pieces for every line (for element mesh)
pressure=200                     !set the value of pressure
!set parameter---end
ET,1,PLANE182                    ! select element type (no.1 plane182 )
KEYOPT,1,3,3                     !set plane stress with thickness
R,1,1,                           !real constant (thickness=1)
UIMP,1,EX, , ,e_modu,            !elastic modulus
UIMP,1,DENS, , ,2.7,             !density
UIMP,1,PRXY, , ,0.3,             !poission ratio
!
BLC4,0,0,plate_w,plate_h         !create a rectanglar area (x=0,y=0, width=plate_w,height=plate_h), area No.1
CYL4,hole_x,hole_y,hole_r        !create a circular area (center x=hole_x,y=hole_y,rad=) , le_r No.2
ASBA,    1,   2                  !subtract area No.2 from area No.1, i.e. area No.1 – area No.2
ESIZE,0,line_div,                !divide (line_div) pieces for every line
MSHAPE,0,2D                      !key=0 for quadrilateral-shaped element (2D)
MSHKEY,0                         !free meshing (0)
AMESH,all                        !mesh all area
FINISH                           !pre-processor end
/SOLU                            !enter solution environment (for DOF constraints, force, solve)
NSEL,S,LOC,X,0                   !select the nodes at x=0
D,all,UX                         !apply ux=0 for selected nodes
NSEL,R,LOC,Y,0                   !re-select the node at y=0 based on above selection (x=0, y=0)
D,ALL,UY                         !apply uy=0 for selected node
LSEL,S,LOC,X, plate_w            !select the line at x=0
SFL,all,PRES, - pressure         !apply a pressure on selected line
ALLSEL                           !select all
SOLVE                            !solve
FINISH                           !end the solution
/POST1                           !enter solution environment (for DOF constraints, force, solve)
PLNSOL,S,X                       !display the distribution of ?xx
!%%%%%%%% [基本建模 Project1] parameterized log file:   p_project1.log %%%% end %%%%%%
```