

有限元分析软件

ANSYS

上 机 指 南

2024 年 9 月

目 录

Project1	潜水艇的热力学分析.....	01
Project2	薄板的平面应力问题分析.....	02
Project3	坝体的平面应变问题分析.....	08
Project4	热障涂层降温过程应力场分析.....	10
Project5	热电制冷分析.....	12
Project6	简单直流致动器电磁分析.....	15

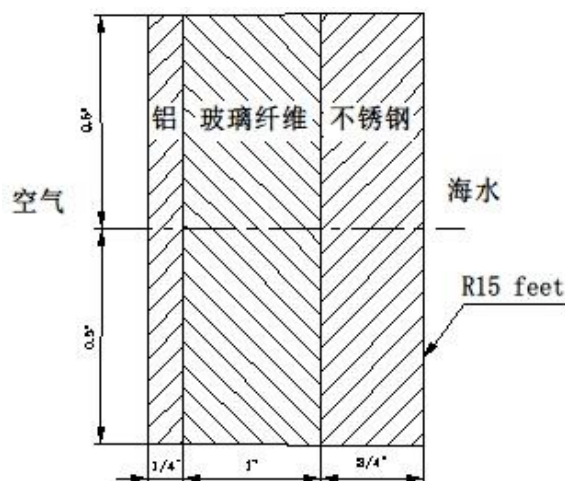
Project 1 潜水艇的热力学分析

计算分析模型如图所示，习题文件名: Thermal。

某一潜水艇可以简化为一圆筒，它由三层组成，最外面一层为不锈钢，中间为玻纤隔热层，最里面为铝层，筒内为空气，筒外为海水，求内外壁面温度及温度分布。

1 foot=12 inch, 1 英尺=12 英寸

几何参数：	筒外径	30 feet
	总壁厚	2 inch
	不锈钢层壁厚	0.75 inch
	玻纤层壁厚	1 inch
	铝层壁厚	0.25 inch
	筒长	200 feet
导热系数	不锈钢	8.27 BTU/hr.ft.°F
	玻纤	0.028 BTU/hr.ft.°F
	铝	117.4 BTU/hr.ft.°F
边界条件	空气温度	70 °F
	海水温度	44.5 °F
	空气对流系数	2.5 BTU/hr.ft ² .°F
	海水对流系数	80 BTU/hr.ft ² .°F



沿垂直于圆筒轴线作横截面，得到一圆环，取其中 1 度进行分析,如图示。

- Utility Menu>File>change jobname, 输入 Thermal;
- Utility Menu>File>change title,输入 Steady-state thermal analysis of submarine;
- Main Menu: Preprocessor>Material Props>Material Library>Select Units,选择 BFT;
- Main Menu: Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete,选择 Thermal Mass-Solid-Plane55;
- Main Menu: Preprocessor>Material Prop>Material Models>Mat Mod Num 1-Thermal-Conductivity -Isotropic,材料编号 1,在 KXX 框中输入 8.27,选择 OK;Material-New Model-2-OK,同上, Therm-Cond-Iso-KXX 框中输入 0.028,选择 OK;同上新建材料 3,KXX 值设定为 117.4;
- Main Menu: Preprocessor>-Modeling->Create>-Areas-Circle>By Dimensions ,在 RAD1 中输入 15,在 RAD2 中输入 15-(.75/12),在 THERA1 中输入-0.5,在 THERA2 中输入 0.5,选择 APPLY,在 RAD1 中输入 15-(.75/12),在 RAD2 中输入 15-(1.75/12),选择 APPLY,在 RAD1 中输入 15-(1.75/12),在 RAD2 中输入 15-2/12,选择 OK;
- Main Menu: Preprocessor>-Modeling->Operate>-Booleane->Glue>Area,选择 PICK ALL;
- Main Menu: Preprocessor>-Meshing-Size Contrls>-Lines-Picked Lines,选择不锈钢层短边,在 NDIV 框中输入 4,选择 APPLY,选择玻璃纤维层的短边,在 NDIV 框中输入 5,选择 APPLY,选择铝层的短边,在 NDIV 框中输入 2,选择 APPLY,选择四个长边,在 NDIV 中输入 16;
- Main Menu: Preprocessor>-Attributes-Define>Picked Area,选择不锈钢层,在 MAT 框中输入 1,选择 APPLY,选择玻璃纤维层,在 MAT 框中输入 2,选择 APPLY,选择铝层,在 MAT 框中输入 3,选择 OK;
- Main Menu: Preprocessor>-Meshing-Mesh>-Areas-Mapped>3 or 4 sided,选择 PICK ALL;
- Main Menu: Solution>-Loads-Apply>-Thermal-Convection>On lines,选择不锈钢外壁,在 VALI 框中输入 80,在 VAL2I 框中输入 44.5,选择 APPLY,选择铝层内壁,在 VALI 框中输入 2.5,在 VAL2I 框中输入 70,选择 OK;
- Main Menu: Solution>-Solve-Current LS;
- Main Menu: General Postproc>Plot Results>-Contour Plot-Nodal Solu,选择 Temperature。

Project 2 薄板的平面应力问题分析

计算分析模型如图 2-1 所示, 习题文件名: plane

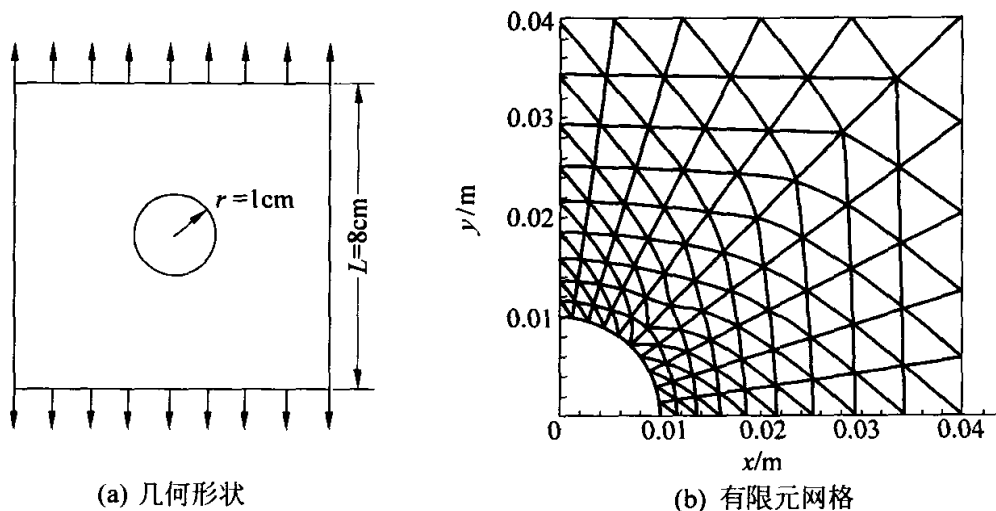


图 2-1 受均布载荷作用的薄板模型与单元网格图

一中心具有圆孔的方板, 上下两边受 y 方向均匀拉伸载荷, 如图 1 所示, 方板边长 $L=8\text{cm}$, 圆孔半径 $r=1\text{cm}$, 板厚 $t=0.1\text{cm}$, 拉伸的均布载荷 $q=10\text{MPa}$, 材料常数 $E=2.0 \times 10^5\text{MP}$, 泊松比 $\nu=0.3$ 。因为薄板具有对称性, 我们可以取四分之一进行分析, 然后扩展成整个平板。

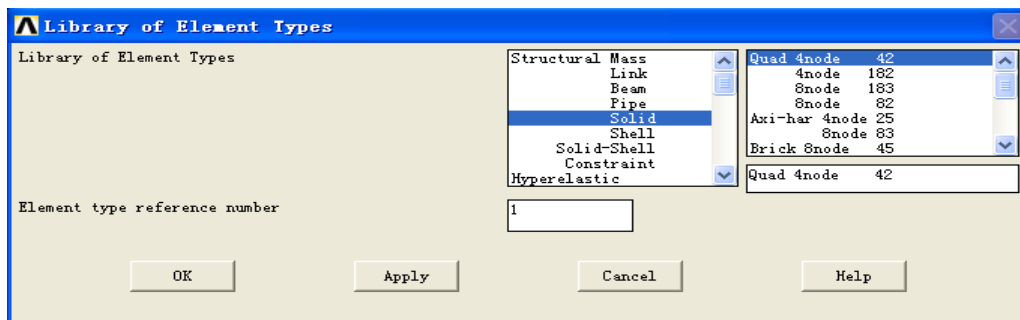
2.1 定义工作路径和工作文件名

(1) 选择 **Utility Menu** → **File** → **Change Directory** 命令, 弹出 Change Working Directory 对话框, 选择工作路径 $D:\text{file}$ 。(若路径不存在, 需建立)。

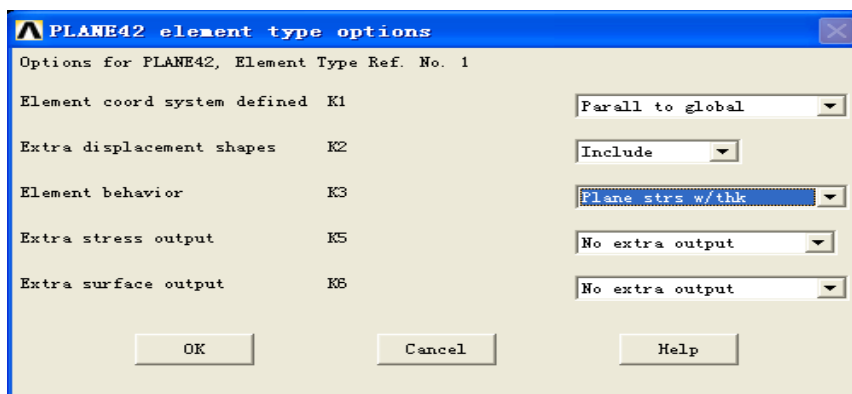
(2) 选择 **Utility Menu** → **File** → **Change Jobname** 命令, 出现 Change Jobname 对话框, 在 [FILNAM] enter new jobname 输入栏中输入工作文件名 plane, 单击 OK 按钮并关闭该对话框。

2.2 定义单元类型

(1) **Main Menu** → **Preprocessor** → **Element Type** → **Add/Edit/Delete** → **Add** → select **Solid Quad 4node 42** → **OK** (高版本没有 Quad 4node 42, 可以命令框输入 **ET,1,PLANE42**)

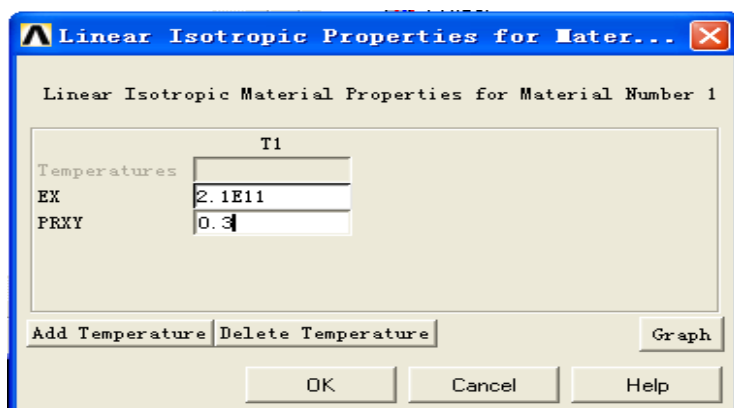


(2) 返回 Element Types 界面, **Element Types** → **Options...** → select **K3: Plane stress w/thk** → **OK** → **Close** (有厚度的平板应力问题, 须定义厚度实常数, 默认为 1)



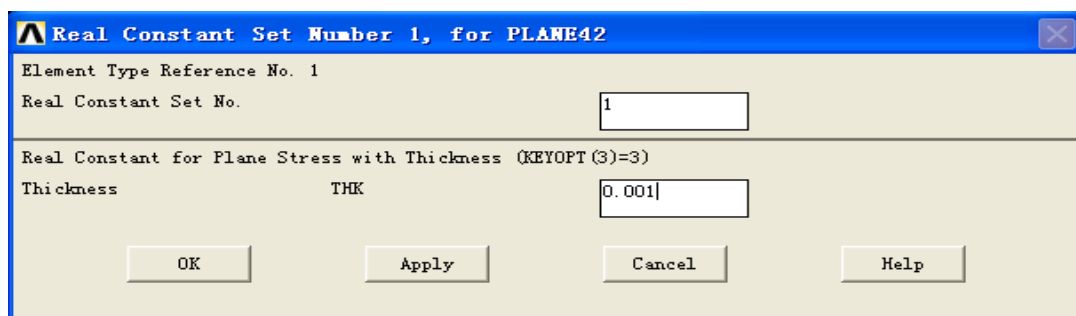
2.3 定义材料属性

MainMenu→Preprocessor →Material Props →Material Models →Structural →Linear →Elastic →Isotropic →input EX:2.1e11, PRXY:0.3 → OK 完成定义弹性模量与泊松比的定义。



2.4 定义实常数

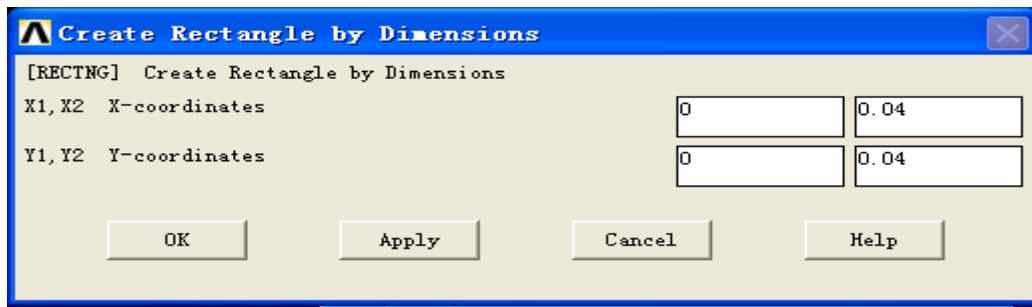
MainMenu→Preprocessor →Real Constants... →Add... →select Type 1→ OK→input THK: 在对话框中输入板的厚度 0.001 →OK →Close



2.5 生成几何模型

(1)生成平板

MainMenu → Preprocessor → Modeling → Create → Areas → Rectangle → By Dimensions 依次输入两个角点的坐标 (0,0) 和 (0.04,0.04) →OK



(2)生成圆孔

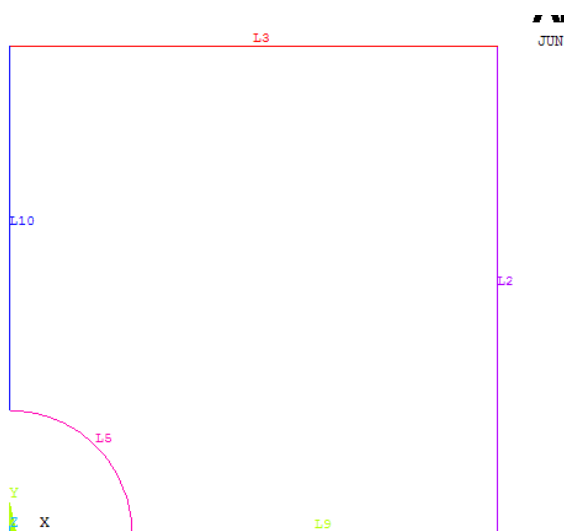
MainMenu→Preprocessor →Modeling →Create →Areas→Circle→solid circle →在对话框中依次输入 0,0, 0.01→OK



(3)执行面相减操作

MainMenu→Preprocessor→Modeling→Operate→Booleans→Subtract→Areas,在弹出的对话框，拾取四边形，单击 OK；拾取圆面，单击 OK。

2.6 网格划分

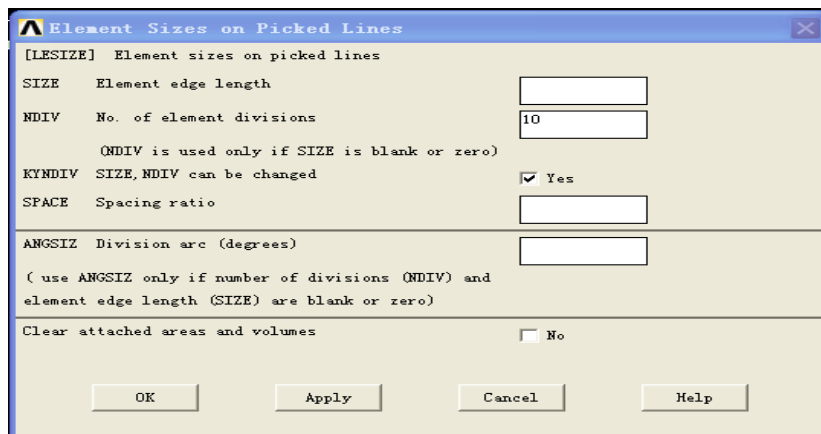


采用映射划分方法：

(1)连接 L2 和 L3: MainMenu→Preprocessor →Meshing →Mesh →Area→Mapped

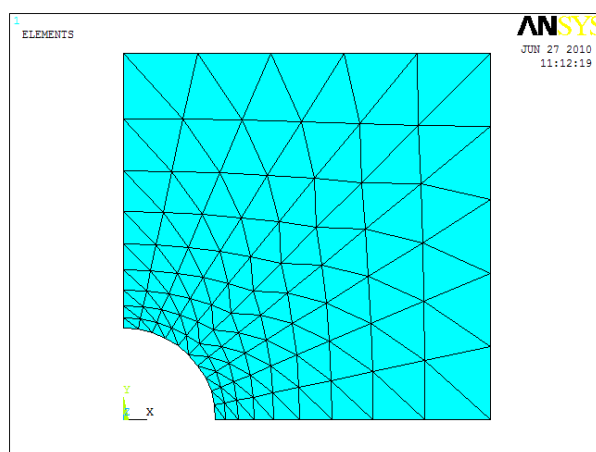
→Concatenate (连接) →Lines,选择 L2 和 L3, 单击 OK。

(2) 定义线上的单元个数: MainMenu→Preprocessor →Meshing →Size Contrls →Lines: Picked Lines →选择 L5,在对话框 NDIV 中输入 10, 单击 Apply; 再选择 L2 和 L3, 在对话框 NDIV 输入 5,单击 Apply; 再选择 L9 和 L10, 在对话框 NDIV 输入 9,同时在 SPACE (间距比, 非等距划分) 对话框中输入 0.15, 单击 OK。



(3) 划分网格:

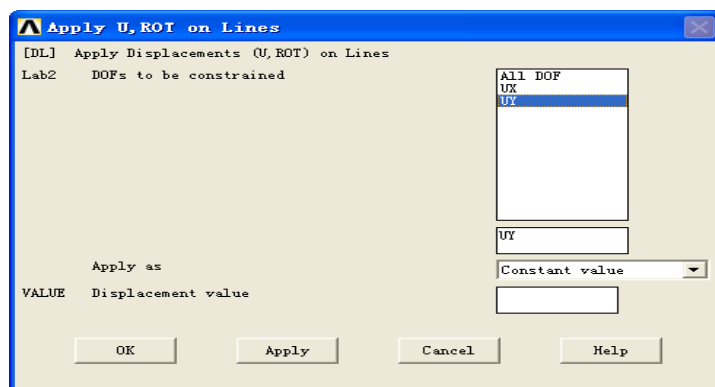
MainMenu → Preprocessor → Meshing → Mesh Tool → Mesh: Areas, Shape: Tri, Mapped → Mesh → Pick All (in Picking Menu) → Close。



2.7 模型施加约束和施加载荷

(1) 给线 9 施加 Y 方向约束

MainMenu→Solution →Define Loads →Apply →Structural →Displacement → On Lines →拾取线 9: Lab2: UY →OK

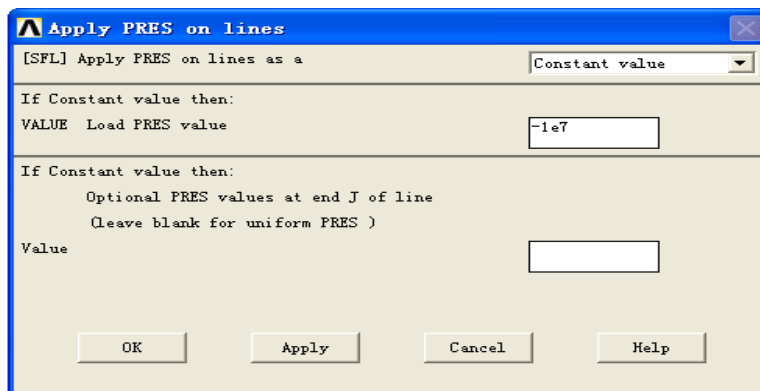


(2)给线 10 施加对称边界约束

Main Menu → Solution → Define Load → Apply → Structural → Displacement → Symmetry B.C. → On Lines命令，出现Apply SMMY on Lines拾取菜单，在ANSYS显示窗口选择线段L10，单击OK按钮。

(3)给线 3 施加 Y 向均布载荷

MainMenu → Solution → Define Loads → Apply → Structural → Pressure → On Lines，选择线段 L3，在对话框中输入-1E7，单击 OK。

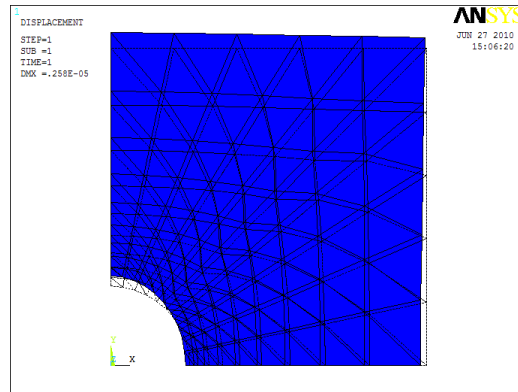


2.8 分析计算

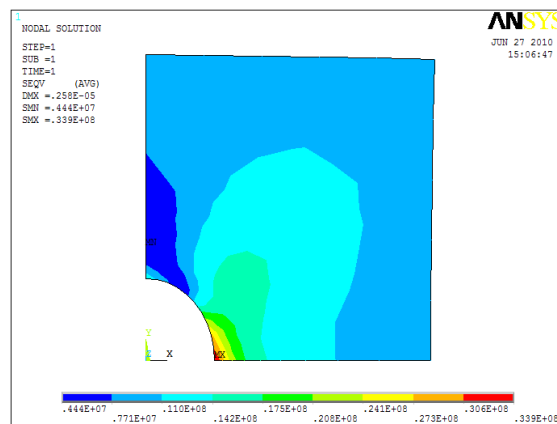
MainMenu → Solution → Solve → Current LS → OK

2.9 结果显示

(1) 显示平板的形状变化： MainMenu → General Postproc → Plot Results → Deformed Shape... → select Def + Undeformed → OK

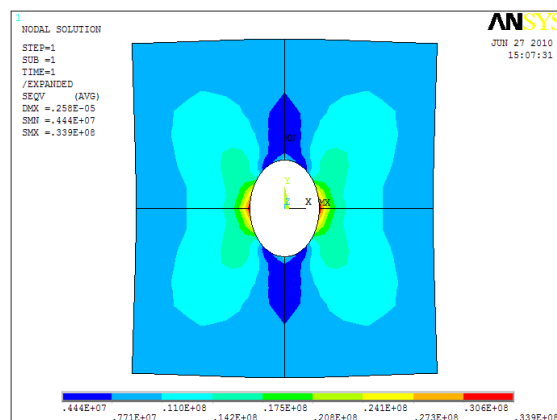


(2) 显示平板的平均等效应力: **MainMenu**→**General Postproc** →**Plot Results**→**Contour Plot** →**Nodal Solution**→**Stress**→**Von Mises Stress**→**OK**



(3) 扩展后显示平板的平均等效应力:

Utility Menu→**PlotCtrls**→**Style**→**SymmetryExpansion**→**Preiodic/Cyclic Symmetry**, 出现 **Preiodic/Cyclic Symmetry Expansion** 对话框, 在 **Select type of cyclic symmetry** 选项中选择 **1/4 Dihedral Sym**, 单击 **OK** 按钮, ANSYS 显示窗口将显示扩展后结果。



2.10 退出系统

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

Project 3 坝体的平面应变问题分析

计算分析模型如图 3-1 所示，习题文件名: **dam**。

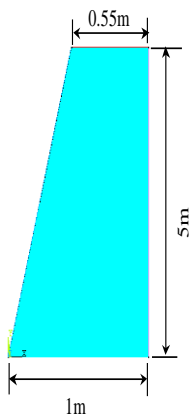


图 3-1 坝体的分析模型

如图一水坝,材料为混凝土,弹性模量为 $2.1 \times 10^{10} \text{Pa}$,泊松比为 0.2, 斜面所受均布载荷为 1000Mpa ($1 \times 10^9 \text{Pa}$)。

3.1 定义工作路径和工作文件名

(1) 选择 **Utility Menu** → **File** → **Change Directory** 命令, 弹出 Change Working Directory 对话框, 选择工作路径 D:\ file。(若路径不存在, 需建立)。

(2) 选择 **Utility Menu** → **File** → **Change Jobname** 命令, 出现 Change Jobname 对话框, 在 [FILNAM] enter new jobname 输入栏中输入工作文件名 dam, 并将 New log and error files 设置为 Yes, 单击 OK 按钮并关闭该对话框。

3.2 选择单元类型

(1) **Main Menu** → **Preprocessor** → **Element Type** → **Add/Edit/Delete** → **Add** → select **Solid Quad 4node 42** → **OK** (**ET,1,PLANE42**)

(2) 返回 **Element Types** 界面, **Element Types** → **Options...** → select **K3: Plane Strain** → **OK** → **Close**

3.3 定义材料属性

Main Menu → **Preprocessor** → **Material Props** → **Material Models** → **Structural** → **Linear** → **Elastic** → **Isotropic** → input **EX: 2.1×10^{10} , PRXY: 0.2** → **OK**。

3.4 生成几何模型

(1) 生成特征点

Main Menu → **Preprocessor** → **Modeling** → **Create** → **Keypoints** → **In Active CS** → 依次输入四个点的坐标: input: **1(0,0), 2(1,0), 3(1,5), 4(0.45,5)** → **OK**

(2) 生成坝体截面

MainMenu→**Preprocessor**→**Modeling**→**Create**→**Areas**→**Arbitrary**→**Through KPS**→依次连接四个特征点, 1(0,0),2(1,0),3(1,5),4(0.45,5)→**OK**

3.5 网格划分

MainMenu→**Preprocessor**→**Meshing**→**Mesh Tool**→(Size Controls) lines: **Set**→依次拾取两条横边:**OK**→input **NDIV: 15**→**Apply**→依次拾取两条纵边:**OK**→input **NDIV: 20**→**OK**→(back to the mesh tool window)Mesh: Areas, Shape: Quad, Mapped→**Mesh**→**Pick All** (in Picking Menu)→**Close**

3.6 模型施加约束

(1) 给下底边施加 x 和 y 方向约束

MainMenu→**Solution**→**Define Loads**→**Apply**→**Structural**→**Displacement**→**On lines**→**pick the lines**→**OK**→**select ALL DOF**→**OK**

给竖直的纵边施加 x 和 y 方向的约束

MainMenu→**Solution**→**Define Loads**→**Apply**→**Structural**→**Displacement**→**On lines**→**pick the lines**→**OK**→**select ALL DOF**→**OK**

(2) 给斜边施加 x 方向的均布载荷

MainMenu→**Solution**→**Define Loads**→**Apply**→**Structural**→**Pressure**→**On Lines**→拾取斜边; **OK**→在对话框中输入水平方向的均布载荷为 1e9 (默认单位为 Pa)

3.7 分析计算

MainMenu→**Solution**→**Solve**→**Current LS**→**OK**

3.8 结果显示

(1) 显示水坝的形状变化:

MainMenu→**General Postproc**→**Plot Results**→**Deformed Shape...**→select **Def + Undeformed**→**OK**

(2) 显示水坝的节点总体位移云图:

MainMenu→**Contour Plot**→**Nodal Solu...**→select: **DOF solution**→**Displacement vector sum**→**OK**.

(3) 显示水坝的平均等效应力: **MainMenu**→**General Postproc**→**Plot Results**→**Contour Plot**→**Nodal Solution**→**Stress**→**Von Mises Stress**→**OK**

3.9 退出系统

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

Project 4 热障涂层降温过程应力场分析

计算分析模型如图所示，习题文件名: Thermal Barrier Coating。

试采用有限元程序 ANSYS 分析等离子喷涂热障涂层在冷却过程中的应力场分布。

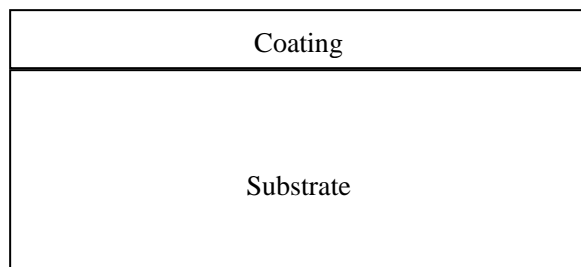
基体为高温合金 IC6，涂层为氧化锆，材料性能参数见下表：

表 1 IC6 材料的性能参数

Temperature (°C)	100	300	500	700	900	1000
EX (1e9Pa)	131	127	121	115	104	93
ALPX (1e-6°C ⁻¹)	9.67	12.27	13.02	13.35	14.61	15.14
DENS (1e3kg/m ³)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
PRXY	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
REFT (°C)	1000	1000	1000	1000	1000	1000

表 2 氧化锆材料的性能参数

Temperature (°C)	100	300	500	700	900	1000
EX (10 ⁹ Pa)	60	58	44	38	36	34
ALPX (10 ⁻⁶ °C ⁻¹)	9.68	9.78	9.82	9.88	10.02	10.34
DENS (10 ³ kg/m ³)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
PRXY	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
REFT (°C)	1000	1000	1000	1000	1000	1000



基体厚度：1mm，涂层厚度：0.1mm，宽度 2mm。

分析涂层结构由 1000°C 冷却到 100°C 的应力场。

1. Jobname 和 Title 更换-略。
2. 定义单元类型：Main Menu: Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete—Add，选用 Solid/Quad 4node 42。(ET,1,PLANE42)
3. 定义材料属性：Main Menu: Preprocessor>Material Props>Material Models，在弹出的对话框中定义所需的材料属性（EX 杨氏模量,ALPX 热胀系数,DENS 密度,PRXY 泊松比,REFT 参考温度）；定义完材料一的属性后，单机 Material 下拉菜单中的 New Model 定义材料二的属性；关闭对话框。(注意单位，在哪儿输入要从属性含义中理解)
4. 保存材料属性文件：Main Menu: Preprocessor>Material Props>Write to File 输入要保存的文件名，如 EX1.MP；(像本题中材料属性输入较复杂，可以保存成单独文件，方便后续用到该材料，可以直接通过文件导入)

5. 建立几何模型：基体：Main Menu: Preprocessor>Modeling>Create>Areas>Rectangle>By Dimensions 输入 X1,X2 的值-1,1, Y1,Y2 的值 0,-1, 单击 Apply; 涂层: X1,X2 的值-1,1, Y1,Y2 的值 0,0.1, 单击 OK;
6. 粘结几何模型：Main Menu: Preprocessor>Modeling>Operate>Booleans>Glue>Areas 拾取两矩形面积，单击 OK;
7. 保存几何模型：Utility Menu: File/Save as...
8. 定义有限元模型的属性，Meshing-Attribute
9. 划分网格 Main Menu: Preprocessor>Meshing>Size Cntrl>ManualSize>Lines>Picked Lines 拾取长度方向三条线，单击 OK，在 NDIV 中输入 20，单击 Apply; 拾取涂层高度的两条线段，单击 OK，在 NDIV 中输入 5，单击 Apply; 拾取基体高度的两条线段，单击 OK，在 NDIV 中输入 10，单击 OK。
划分网格：Main Menu: Preprocessor>Meshing>Mesh>Areas>Mapped>3 or 4 solid 拾取基体，单击 Apply; 拾取涂层，单击 OK。
10. 保存有限元模型：Utility Menu: File/Save as...
11. 施加温度载荷：Main Menu: Solution>Define Loads>Settings>Uniform Temp 输入 100, Solution>Define Loads>Settings>Reference Temp 输入 1000,
施加约束载荷：Main Menu: Solution>Define Loads>Apply>Structural>Displacement>On Nodes, 拾取下端中心节点，单击 OK，在弹出的对话框约束自由度中选 UX, UY, 输入 0; 单击 OK。
Main Menu: Solution>Define Loads>Apply>Structural>Displacement>On Nodes, 拾取中心节点中间往上一系列节点，单击 OK，在弹出的对话框约束自由度中选 UX, 输入 0; 单击 OK。
12. 求解：Main Menu: Solution>Solve>Current LS, 计算完毕后，关闭提示对话框;
13. 选择结果显示方式：Main Menu: General PostProc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu;
14. 在对话框中选 Stress, UX 或 UY, 单击 OK, 显示 X 或 Y 方向应变图。

Project 5 热电制冷分析

半导体热电偶制冷元件由 N 型和 P 型半导体材料通过厚度为 t 的铜带连接，N 型和 P 型半导体长度 L ，截面积为 $A=W^2$ ， W 为宽度，热端温度为 T_h ，通过电势差 U 散热，保持冷端温度为 T_c ，电流正方向从 N 型半导体到 P 型半导体如表 6-4 所示。相关材料参数见表 6-5：

表 6-4 热电偶制冷元件模型

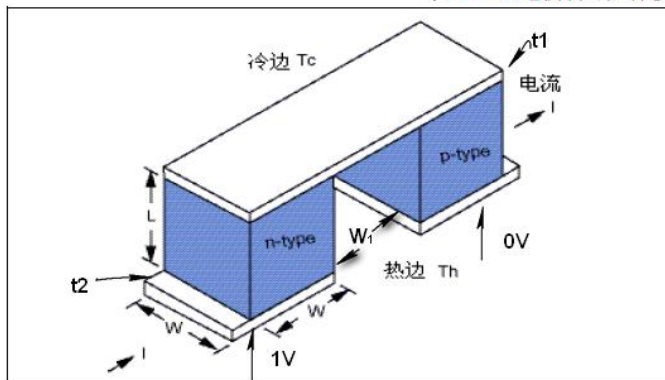
	模型参数
	半导体长度 $L=1\text{ cm}$
	半导体宽度及厚度 $W=1\text{ cm}$
	冷端温度 $T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}$
	热端温度 $T_h=54\text{ }^{\circ}\text{C}$
	输入电压 $U=1\text{ V}$
	铜带厚度 $t_1=0.1\text{ cm}$
	铜带边缘宽度 $t_2=0.2\text{ cm}$
	半导体间距 $W_1=1\text{ cm}$

表 6-5 热电偶制冷元件模型材料参数

名称模型	电阻率 $\text{ohm}\cdot\text{m}$	热传导率 $\text{w}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Seebeck 热电系数 (v/K)
N 型半导体	$\rho_N=1.05\times 10^{-5}$	$\lambda_N=1.3$	$\alpha_N=-165\times 10^{-6}$
P 型半导体	$\rho_P=0.98\times 10^{-5}$	$\lambda_P=1.2$	$\alpha_P=+210\times 10^{-6}$
铜带	1.7×10^{-8}	400	

5.1 定义工作路径和工作文件名

(1) 选择 **Utility Menu**→**File**→**Change Directory**命令，弹出 Change Working Directory 对话框，选择工作路径 D:\ file。（若路径不存在，需建立）。

(2) 选择 **Utility Menu**→**File**→**Change Jobname**命令，出现 Change Jobname 对话框，在 [FILNAM] enter new job name 输入栏中输入工作文件名 thermal-electric，并将 New log and error files 设置为 Yes，单击 OK 按钮并关闭该对话框。

5.2 选择单元类型

(1) **Main Menu**→**Preprocessor** →**Element Type**→**Add/Edit/Delete** →**Add** →select **thermal electric Brick 8node 69**→**OK (ET,1,SOLID69)**

5.3 定义材料属性

Main Menu→**Preprocessor** →**Material Props** →**Material Models 1(n-type 半导体)** →**thermal** →**conductivity**→**Isotropic** →input **KXX:1.3**→**OK**; **Electromagnetics**→**resistivity** →**constant**→输入数值→**OK**; **Thermoelectricity**→**Isotropic**→**SBKX: -165e-6**→**ok**。

左上角 **material**→**new model**→**define material ID:2(p-type 半导体)**,同上方方法定义材料属性。再添加 **material ID: 3 (铜片)**

5.4 生成几何模型

(1) 底层铜片几何体

MainMenu→Preprocessor →Modeling →Create →Volumes→Block→by dimensions:
input:第一点坐标 (0, 0, 0), 第二点坐标 (0.012,0.01,0.001) →**apply**→另外一个方块的第一点坐标 (0.022, 0, 0) →第二点坐标 (0.034,0.01,0.001) →**ok**

(2) 中间 n-type 与 p-type 几何体

MainMenu→Preprocessor →Modeling →Create →Volumes→Block→by dimensions:
input:第一点坐标 (0.002, 0, 0.001), 第二点坐标 (0.012,0.01,0.011) →**apply**→另外一个方块的第一点坐标 (0.022, 0, 0.001) →第二点坐标 (0.032,0.01,0.011) **ok**

(3) 顶层铜片几何体

MainMenu→Preprocessor →Modeling →Create →Volumes→Block→by dimensions:
input:第一点坐标 (0.002, 0, 0.011), 第二点坐标 (0.032,0.01,0.012) →**ok**

(4) 将几何体粘接在一起

MainMenu→Preprocessor →Modeling →Operate →Booleans →Glue →Volums→pick all.

5.5 网格划分

MainMenu→Preprocessor→Meshing→Mesh Tool→element attributes →volums→set
 →依次拾取底层、顶层铜片→**ok**→**material number: 3**→**apply**→拾取 n-type 半导体→**ok**→**material number: 1**→ **apply**→拾取 p-type 半导体→**ok**→**material number: 2**→**ok**。

MainMenu→Preprocessor→Meshing→Mesh Tool→size controls: areas, set→pick all
 →**size: 0.0005**→**ok**

MainMenu→Preprocessor→Meshing→Mesh Tool→Mesh→volumes→Tet→free→mesh
 →**pick all** →**Close**。

5.6 模型施加约束

(1) 给下底面施加温度载荷

MainMenu→Solution→Define Loads→Apply→thermal→temperature→On areas →pick the areas→选择底层铜片下表面→OK→select ALL DOF→value load temp value: 54→apply→选择顶层铜片上表面→OK→select ALL DOF→value load temp value: 0→OK。

(2) 给下底面施加电压载荷

MainMenu →Solution →Define Loads →Apply →electric →boundary →voltage →on areas→选择左侧底层铜片下表面→OK→constant value→0.01→ apply→选择右侧底层铜片下表面→OK→constant value→0→OK。

5.7 分析计算

MainMenu→Solution→Solve→Current LS→OK(会显示非线性解, 不是报错)

5.8 结果显示

(1) 显示温度变化:

MainMenu →General Postproc →Plot Results →contour plot →nodal solu →DOF solution→nodal temperature→OK

(2) 显示电位变化:

**MainMenu→General Postproc→Plot Results→contour plot→nodal solu→DOF solution
→electric potential→OK**

5.9 退出系统

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

Project 6 简单直流致动器电磁分析

•问题描述

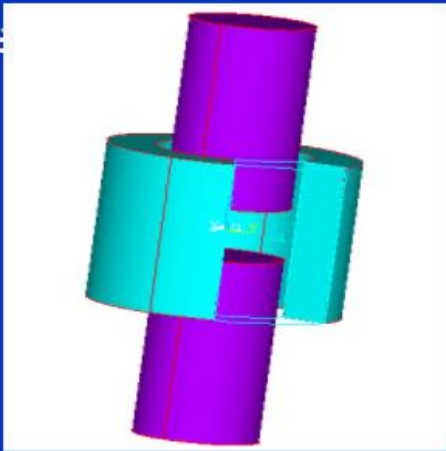
- 2个实体圆柱铁芯，中间被空气隙分
- 线圈中心点处于空气隙中心

•分析过程和目的

- 为模拟建模
- 进行模拟
- 后处理

•电磁力

•磁场值



切去一部分线圈便以看到极面间空隙

性质

柱体: $\mu_r = 1000$

线圈: $\mu_r = 1$

匝数: 2000

(整个线圈)

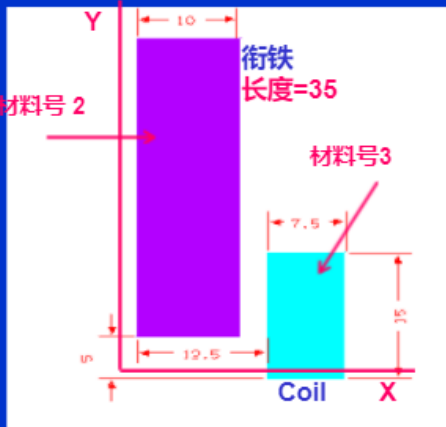
空气: $\mu_r = 1$

激励

线圈励磁为直流电流: 2 安培

模型

轴对称



单位 (mm)

6.1 定义工作路径和工作文件名

(1) 选择Utility Menu→File→Change Directory命令，弹出Change Working Directory对话框，选择工作路径D:\file。（若路径不存在，需建立）。

(2) 选择Utility Menu→File→Change Jobname命令，出现Change Jobname对话框，在[FILNAM] enter new job name输入栏中输入工作文件名electric-magnetic，并将New log and error files设置为Yes，单击OK按钮并关闭该对话框。

6.2 选择单元类型

(1) MainMenu→Preference→勾选 Magnetic-Nodal→OK

(2) MainMenu → Preprocessor → Element Type → Add/Edit/Delete → Add → select Magnetic Vecor→Quad 8 node 53→options →Element behavior→选择 Axisymmetric（轴对称）→OK.

(高版本不支持的话选 plane233 , ET,1,PLANE233)

6.3 定义材料属性

MainMenu → Preprocessor → Material Props → Material Models 1(空气) → Electromagnetics → Relative permeability (磁导率) → constant → input MURX:1 → OK;

左上角 material → new model → define material ID:2(铁芯),同上方法定义材料属性。再添加 material ID: 3 (线圈)

6.4 生成几何模型

(1) 建立线圈和铁芯面

Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Rectangle > By Dimensions: input:第一点坐标 (0,5), 第二点坐标 (10,40) → apply → 输入线圈面第一个点坐标 (12.5,0), 第二点坐标 (20,15) → apply → 输入空气面第一个点坐标 (0.0), 第二点坐标 (40,80) → OK

(2) 将几何体链接在一起

Preprocessor > Modeling > Operate > Booleans > Overlap > Areas.

6.5 网格划分

MainMenu → Preprocessor → Meshing → Mesh Tool → element attributes → areas → set → 拾取空气面 → ok → material number: 1 → apply → 拾取铁芯面 → ok → material number: 2 → apply → 拾取线圈面 → ok → material number: 3 → ok。

MainMenu → Preprocessor → Meshing → Mesh Tool → smart size: 拖动滑块到 2 → mesh 栏选择 areas → 选择 Quad, free → 点击 mesh → pick all.

转换模型单位制由 m → mm:

Preprocessor → Modeling → Operate → Scale → Areas → pick all → RX, RY, RZ 分别输入: 0.001,0.001,1 → IMOVE 选择 moved → OK.

6.6 模型施加约束

(1) 施加通量平行边界条件

Preprocessor → Loads → Define Loads → Apply → Magnetic → Boundary → Vector Poten (向量势) → Flux Par'l (平行通量) → On Lines → 选择外围的所有线段 → OK

(2) 给线圈平面施加电流密度

Preprocessor > Loads > Define Loads > Apply > Magnetic > Excitation (激励)
> Curr Density > On Areas > 选择线圈平面 > VAL3 后的框输入: 2000/0.0001125 → OK

6.7 分析计算

Solution > Analysis Type > New Analysis > static > ok

Solution > Solve > Electromagnetic > Static Analysis > Opt&Solv > ok

MainMenu → Solution → Solve → Current LS → OK

6.8 结果显示

(1) 绘制磁力线分布:

General Postproc > Plot Results > Contour Plots > 2D Flux Lines > ok

(2) 绘制磁密分布:

General Postproc > Plot Results > Contour Plots > Nodal Solu>Nodal solution>magnetic flux density> magnetic flux density vector sum>ok

(3) 绘制磁密矢量分布

General Postproc > Plot Results > Vector Plots > Predefined > Flux&gradient (梯度), Mag flux dense B>ok

6.9 退出系统

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