(一) 实验目的 1.熟悉并掌握 ANSYS 软件的使用方法; 2.掌握如何利用 ANSYS 分析平面应力问题; 3.掌握优化设计方法。 (二) 实验设备和工具 安装有 ANSYS 软件的计算机 (三)实验问题描述 分析中使用如下材料特性: E=2.1E6psi RHO=2.85E-41b/in³ (比重) 最大许用应力=400psi 分析中使用如下几何特性: 横截面面积变化范围=1 到 1000in² (初始值为 1000) 基本尺寸 B 变化范围=400 到 1000in (初始值为 1000) 简图如下: 2000//Fin.

200,000-01 200,000 0

(四) 实验步骤

第一步:指定文件名

- 选择 Utility Menu>File>Change Jobname, 打开文件名对话框。 1.
- 2. 输入"truss"为工作文件名。
- 3. 单击 OK 关闭对话框。

第二步:指定分析题目

- 选择 Utility Menu>File>Change Title, 打开更改分析题目对话框。 1.
- 输入"Optimization of a Three-Bar Truss"作为分析题目。 2.
- 3. 单击 OK 关闭对话框。

第三步: 定义参数初始值

选择 Utility Menu>Parameters>Scalar Parameters, 打开数值参数对话 1. 框。在选择区域中输入下列内容:

B=1000 按 ENTER 键 A1=1000 按 ENTER 键

A2=1000 按 ENTER 键

A3=1000 单击 OK。

参数将在菜单中显示出来。

2. 在数值参数对话框中单击 OK。

第四步: 定义单元类型

1. 选择 Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete, 打开 单元类型对话框。

- 2. 在单元类型库对话框中单击 Add。
- 3. 在左边列中单击 Structural Link。
- 4. 在右边列中单击 2D Spar 1。
- 5. 在单元参考号区域键入1。
- 6. 在单元类型库对话框中单击 OK。
- 7. 在单元类型对话框中单击 Close。

第五步: 定义实参

- 1. 选择 Main Menu>Preprocessor>Real Constants, 打开实参对话框。
- 2. 单击 Add, 打开实参对话框中单元类型。
- 3. 单击 OK, 打开 LINK1 实参对话框。
- 4. 在实参序列号区域中键入1。
- 5. 在横截面区域中键入 A1。

6. 单击 Apply。这将确认 LINK1 的实参并将 1000 输入实参 1 的横截面 区域。

- 7. 在实参序列号区域键入2。
- 8. 在横截面面积区域键入 A2。
- 9. 单击 Apply。这将确认 LINK1 的实参并将 1000 输入实参1 的横截面
- 区域。
 - 10. 在实参序列号区域键入3。
 - 11. 在横截面面积区域键入A3。
 - 12. 在 LINK1 实参对话框中单击 OK。
 - 13. 在实参对话框中单击 Close。

第六步: 定义材料特性

1. 选择 Main Menu>Preprocessor>Material Props>-Constant->Isotropic, 打开各项同性材料特性对话框。

- 2. 在材料号区域中输入1。
- 3. 单击 OK 打开第二个各项同性材料特性对话框。
- 4. 在杨氏模量对话框输入 2.1E6。
- 5. 单击 OK 并关闭对话框。

第七步: 生成结点

1. 选择 Main Menu>Preprocessor>-Modeling->Create>Nodes>In Active CS, 打开在活动坐标系中生成结点对话框。

2. 在结点号区域中输入1。

3. 在活动坐标域,第一个域中输入-B,第二个域中输入0,第三个输入

0.

4. 单击 Apply。结点 1 将出现在 ANSYS 图形窗口。

5. 在结点号码域中输入 2。

6. 在活动坐标域,第一个域中输入0,第二个域中输入0,第三个输入 0。

7. 单击 Apply。结点 2 将出现在 ANSYS 图形窗口。

8. 在结点号码域中输入 3。

9. 在活动坐标域,第一个域中输入B,第二个域中输入O,第三个输入

0.

10. 单击 Apply。结点 2 将出现在 ANSYS 图形窗口。

11. 在结点号码域中输入3。

12. 在活动坐标域,第一个域中输入 0,第二个域中输入-1000,第三个输入 0。

13. 单击 OK 关闭在活动坐标系生成结点对话框。结点 4 将出现在 ANSYS 图形窗口中。所有 4 个结点都出现在 ANSYS 图形窗口中。

14. 打开结点号码。选择菜单 Utility Menu>PlotCtrls>Window Controls>Window Options 打开窗口选项对话框。

15. 在结点号码框上单击 OFF(将切换为 ON)。

16. 单击 OK 关闭对话框。

17. 选择菜单 Utility Menu>PlotCtrls>Window Controls>Windows Options 打 开窗口对话框。

18. 在坐标位置出选取不显示选项。

19. 单击 OK 关闭对话框。

第八步: 生成单元

1. 选择菜单MainMenu>Preprocessor>-Modeling->Create>Elements>-AutoNumbered->ThruNodes打开结点对话框的单元项。

2. 在图形窗口, 拾取结点1和4(按照该顺序)。在选择的结点周围将 出现一个小框。

3. 在该对话框单击 OK 关闭对话框。ANSYS 图形窗口中 1 和 4 结点之间将出现一个线单元 1。

4. 选择菜单 Main Menu>Preprocessor>-Modeling->Create>Elements> Elem Attributes 打开单元特性对话框。

5. 在实参序列号中输入 2。

6. 在单元特性对话框中单击 OK。

7. 选择菜单MainMenu>Preprocessor>-Modeling->Create>Elements>-AutoNumbered->ThruNodes打开结点对话框的单元项。

8. 在图形窗口, 拾取结点2和4(按照该顺序)。

9. 在该对话框单击 OK 关闭对话框。ANSYS 图形窗口中 3 和 4 结点之间将出现一个线单元 2。

10. 选择菜单 Main Menu>Preprocessor>-Modeling->Create>Elements>Elem Attributes 打开单元特性对话框。

- 11. 在实参序列号中输入2。
- 12. 在单元特性对话框中单击 OK。

13. 选择菜单 Main Menu>Preprocessor>-Modeling->Create>Elements>-Auto Numbered->Thru Nodes 打开结点对话框的单元项。

14. 在图形窗口, 拾取结点2和4(按照该顺序)。

15. 在该对话框单击 OK 关闭对话框。ANSYS 图形窗口中 3 和 4 结点之间 将出现一个线单元 3。

第九步: 施加位移约束和载荷

1. 选择菜单 MainMenu>Solution>-Loads->Apply>-Structural->Displacement>On Nodes 打开 ApplyU, ROT on Nodes 的对话框。

2. 在 ANSYS 图形窗口, 拾取结点 1, 2 和 3。

3. 单击 OK 关闭对话框并打开第二个 Apply U, ROT on Nodes 的对话 框。

4. 在要约束的自由度菜单上单击 ALL DOF 选项。

5. 单击 OK 关闭对话框。

6. 选择菜单MainMenu>Solution>-Loads-Apply>-Structural-Force/Moment>OnNodes 打开ApplyF/M on Nodes 对话框。

7. 在 ANSYS 图形窗口, 拾取结点 4。

8. 在对话框中单击 OK 关闭并打开第二个 Apply F/M on Nodes 对话框。

9. 将 Force/Mom 方向设为 FX。

10. 在 Force/Moment Value 域输入 200000。

11. 单击 OK 关闭对话框。在结点 4 上将出现一个横向箭头表示施加的载荷。

12 . 选 择 菜 单 Main Menu>Solution>-Loads-Apply>-Strutural-Force/Moment>On Nodes 打开 Apply F/M on Nodes 对话框。

13. 在 ANSYS 图形窗口,单击结点 4。

14. 在对话框中单击 OK 关闭并打开第二个 Apply F/M on Nodes 对话框。

15. 将 Force/Mom 方向设为 FX。

16. 在 Force/Moment Value 域输入-200000。

17. 单击 OK 关闭对话框。在结点 4 上将出现一个垂直箭头表示施加的载荷。

第十步:求解模型

1. 选择菜单 Main Menu>Solution>-Solve->Current LS 打开 Solve Current Load Step 对话框。求解目标和载荷步选项在出现在状态窗口。

2. 查看状态窗口中的目标信息并在菜单条上单击 Close 关闭。

3. 在该对话框中单击 OK。

4. 求解完毕后,将出现信息框告诉用户求解完毕。单击 Close 关闭对话

第十一步: 进入后处理器并读出单元总体积

1. 选择菜单 Main Menu>General Postproc>Element Table>Define Table 打开 Element Table Data 对话框。

2. 单击 Add 定义单元表格并打开 Define Additional Elementary Table Items 对话框。

3. 在 User Label 域中输入 EVOL。

4. 在 Item,Comp Results Data Item 菜单的左列单击 Geometry, 在右列单击 Elem Volume VOLU。

5. 单击 OK 关闭对话框。

6. 在 Element Table Data 对话框中单击 Close。

7. 选择菜单 Main Menu>General Postproc>Element Table>Sum of Each Item 打开 Tabular Sum of Each Element Table Item 对话框。

8. 单击 OK 计算总和。SSUM 命令窗口将显示总和为 0.382842E+07。

9. 单击菜单条上的 Close 关闭 SSUM 命令窗口。

10. 选择菜单 Utility Menu>Parameters>Get Scalar Data 打开 Get Scalar Data 对话框。

11. 在 Type of Data to be Retrieved 菜单左列单击 Results Data, 在右列单击 Elem Table Sums。

12. 单击 OK 关闭对话框并打开 Get Element Table Sum Results 对话框。

13. 在 Name of Parameter to be Defined 域输入 VTOT。

14. 单击 OK 关闭对话框。

15. 选择菜单 Utility Menu>Parameters>Scalar Parameters 打开 Scalar Parameters 对话框。

16. 在 Selection 域输入 RHO=2.85E-4 并按 ENTER 键。本信息应显示在菜单上。

17. 在 Selection 域输入 WT=RHO*VTOT 并按 ENTER 键。总的体积将计 算并显示在菜单中。重量应为 1091.10173。

18. 单击 Close 关闭对话框。

第十二步:读出轴向应力

1. 选择菜单 Main Menu>General Postproc>Element Table>Define Table 打开 Element Table Data 对话框。

2. 单击 Add 打开 Define Additional Element Table Items 对话框。

3. 在 User Lable for Item 域键入 SIG。

4. 在 Item,Comp Results Data Item 菜单左列单击 By Sequence Num,在 右列单击 LS。

5. 在 Selection 域, 在 "LS" 后键入1 (表示序列号为1)。

6. 单击 OK 关闭对话框。

7. 在 Element Table Data 对话框中单击 Close。

8. 选择菜单 Utility Menu>Parameters>Get Scalar Data 打开 Get Scalar Data 对话框。

9. 在 the Type of Data to be Retrieved 菜单, 在左列单击 Results Data, 在

框。

右列单击 Elem Table Data。

10. 单击 OK 关闭对话框并打开 Get Element Table Data 对话框。

11. 在 Name of Parameter to be Defined 域输入 SIG1。

12. 在 Element Number N 域输入1。

13. 将 Elem Table Data to be Retrieved 域设为 SIG。

14. 单击 Apply 关闭对话框并打开 Get Scalar Data 对话框。

15. 在 Type of Data to be Retrieved 菜单,在左列单击 Results Data,在右列

单击 Elem Table Data。

16. 单击 OK 打开 Get Element Table Data 对话框。

17. 在 Name of Parameter to be Defined 域输入 SIG2。

18. 在 Element Number N 域输入 2。

19. 将 Elem Table Data to be Retrieved 域设为 SIG。

20. 单击 Apply 关闭对话框并打开 Get Scalar Data 对话框。

21. 在 Type of Data to be Retrieved 菜单,在左列单击 Results Data,在右列 单击 Elem Table Data。

22. 单击 OK 打开 Get Element Table Data 对话框。

23. 在 Name of Parameter to be Defined 域输入 SIG3。

24. 在 Element Number N 域输入 3。

25. 将 Elem Table Data to be Retrieved 域设为 SIG。

26. 单击 OK 关闭对话框。

27. 计算轴向应力的绝对值。选择菜单 Utility Menu>Parameters>Scalar Parameters 打开 Scalar Parameters 对话框。在 Selection 域输入以下信息:

SIG1=ABS(SIG1)输入 ENTERSIG2=ABS(SIG2)输入 ENTERSIG3=ABS(SIG3)单击 OK28. 单击 Close 关闭对话框。

第十三步:显示当前设计

1. 选择菜单 Utility Menu>PlotCtrls>Style>Size and Shape 打开 the Size and Shape 对话框。

2. 在 Display of element shapes based on real constant description 表示的 行中单击 OFF 将其切换为 ON。

3. 在 Real constant Multiplier 域中输入 2。

4. 单击 OK 关闭对话框。

5. 选择菜单 Utility Menu>PlotCtrls>Pan,Zoom,Rotate 打开 Pan,Zoom,Rotate 对话框。

6. 单击 ISO 显示 3 杆珩架的轴测图。

7. 单击 Close 关闭对话框。

8. 选择菜单 Utility Menu>Plot>Elements 画出珩架。

第十四步: 生成优化分析文件

1. 选择菜单 Utility Menu>File>Write DB Log File 打开 Write Database Log 对话框。

2. 在 Write Database Log To 域中添加"truss.lgw"到路径名中。

3. 单击 OK 关闭对话框。

第十五步: 进入优化处理器并指定分析文件

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>-Analysis File->Assign 打开 Assign Analysis File 对话框。

2. 在 Selection 域添加"truss.lgw"到路径名(或在文件列表中拾取 truss.lgw)。

3. 单击 OK 关闭对话框。

第十六步: 定义优化设计变量

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Design Variables 打开 Design Variables 对话框。

- 2. 单击 Add 打开 Define a Design Variable 对话框。
- 3. 在 Parameter Name 菜单单击 B; B 将出现在 Selection 域。
- 4. 在 Minimum Value 域中输入 400。
- 5. 在 Maximum Value 域中输入 2000。
- 6. 单击 Apply 确认设计变量。
- 7. 在 Parameter Name 菜单单击 A1; A1 将出现在 Selection 域。
- 8. 在 Minimum Value 域中输入 1。
- 9. 在 Maximum Value 域中输入 1000。
- 10. 单击 Apply 确认设计变量。
- 11. 在 Parameter Name 菜单单击 A2。
- 12. 在 Minimum Value 域中输入1。
- 13. 在 Maximum Value 域中输入 1000。
- 14. 单击 Apply 确认设计变量。
- 15. 在 Parameter Name 菜单单击 A3。
- 16. 在 Minimum Value 域中输入 1。
- 17. 在 Maximum Value 域中输入 1000。
- 18. 单击 OK 关闭对话框。
- 19. 单击 Close 关闭 Design Variables 对话框。

第十七步: 定义优化状态变量

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>State Variables 打开 State Variables 对话框。

- 2. 单击 Add 打开 Define a State Variable 对话框。
- 3. 在 Parameters Name 域选择 SIG1; SIG1 将出现在 Selection 域。
- 4. 在 Upper Limit 域输入 400。
- 5. 单击 Apply 确认状态变量。
- 6. 在 Parameters Name 域选择 SIG2; SIG2 将出现在 Selection 域。
- 7. 在 Upper Limit 域输入 400。
- 8. 单击 Apply 确认状态变量。
- 9. 在 Parameters Name 域选择 SIG3; SIG3 将出现在 Selection 域。
- 10. 在 Upper Limit 域输入 400。
- 11. 单击 OK 关闭对话框。

12. 单击 Close 关闭 State Variable 对话框。

第十八步:存储优化数据库

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>-Opt Database->Save 打开 Save Optimization Data 对话框。

2. 在 Selection 域添加"trussvar.opt"到路径名。

3. 单击 OK 关闭对话框。

第十九步:设置重量为目标函数

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Objective 打开 Define Objective Function 对话框。

- 2. 在 Parameter Name 菜单单击 WT; WT 将出现在 Selection 域。
- 3. 在 Convergence Tolerance 域输入 2。
- 4. 单击 OK 关闭对话框。

第二十步:指定一阶优化方法

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Method/Tool 打开 Specify Optimization Method 对话框。

- 2. 在 Select Method/Tool 列表中单击 First-Order radio 按纽。
- 3. 单击 OK 打开 Controls for First-Order Optimization 对话框。
- 4. 在 maximum Iterations 域中输入 45。
- 5. 单击 OK 关闭对话框。

第二十一步:运行优化

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Run 打开 Begin Execution of Run 对话框。

2. 查看分析信息,单击 OK 开始优化运算。

求解过程要持续一些时间。在优化循环结束后,最佳设计序列号为16,重 量为301.23。

第二十二步:列出最佳设计序列和所有设计序列

1. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>-Design Sets->List 打开 List Design Set 对话框。

2. 在列表选项中拾取 BEST 序列。

4. 在查看优化参数值后,在菜单条上单击 Close。

5. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>-Design Sets->List 打开 List Design Sets 对话框。

- 6. 在列表选项中拾取 ALL 序列。
- 7. 单击 OK 打开 OPLIST 命令窗口。
- 8. 查看完所有设计序列后,单击菜单条上的 Close。

第二十三步:将重量和基本尺寸作为迭代次数的函数显示

1. 选择菜单 Utility Menu>PlotCtrls>Pan,Zoom,Rotate 打开

Pan-Zoom-Rotate 对话框。

- 2. 单击 Front 选择 X-Y 平面视角。
- 3. 单击 Close 关闭对话框。

4. 选择 Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs 打开 Graph Controls 对话

框。

- 5. 在 X-Axis 标记域输入 ITERATION NUMBER。
- 6. 在 Y-Axis 标记域输入 STRUCTURE WEIGHT。
- 7. 单击 OK 关闭对话框。

8. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Graphs/Tables 打开 Graph/List Tables of Design Set Parameters 对话框。

- 9. 在 Y-Variable Params 菜单单击 WT。
- 10. 单击 OK 关闭对话框。在 ANSYS 图形窗口将显示重量和迭代的图形。
- 11. 选择 Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs 打开 Graph Controls 对话框。

12. 在 Y-Axis 标记域输入 BASE DIMENSION。

13. 单击 OK 关闭对话框。

14. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Graphs/Tables 打开 Graph/List Tables of Design Set Parameters 对话框。

15. 在 Y-Variable Params 菜单单击 WT 不选它, 然后单击 B。

16. 单击 OK 关闭对话框。在 ANSYS 图形窗口将显示 Base Dimension 和 Iteration 图形。

第二十四步:将最大应力和截面尺寸作为迭代数的函数显示

1. 选择菜单 Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs 打开 Graph Controls 对话框。

2. 在 Y-Axis 标记域输入 MAXIMUM STRESS。

3. 单击 OK 关闭对话框。

4. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Graphs/Tables 打开 Graph/List Tables of Design Set Parameters 对话框。

5. 在 Y-Variable Params 菜单单击 B 不选它, 然后单击 SIG1, SIG2, SIG3。

6. 单击 OK 关闭对话框。在 ANSYS 图形窗口将显示应力和迭代数的图形。

7. 选择菜单 Utility Menu>PlotCtrls>Style>Graphs 打开 Graph Controls 对话框。

8. 在 Y-Axis 标记域输入 CROSS-SECTIONAL AREA。

9. 单击 OK 关闭对话框。

10. 选择菜单 Main Menu>Design Opt>Graphs/Tables 打开 Graph/List Tables of Design Set Parameters 对话框。

11. 在 Y-Variable Params 菜单单击 SIG1, SIG2, SIG3 不选它, 然后单击 A1, A2, A3。

12. 单击 OK 关闭对话框。在 ANSYS 图形窗口将显示截面面积和迭代数的 图形。

第二十五步:退出 ANSYS

1. 在 ANSYS 工具栏单击 Quit。

2. 选择一个选项存盘,然后单击 OK。

优化分析示例(命令和批处理方式) 也可以用命令行方式做以上的优化分析。以!开始的行为注释行。 /FILNAM.truss /TITLE,Optimization of a three-bar truss !初始化设计变量参数 !基本尺寸 B=1000 A1=1000 !第一个面积 !第二个面积 A2=1000 !第三个面积 A3=1000 ! !进入 PREP7 并建模 /PREP7 !二维杆单元 ET,1,LINK1 !以参数形式的实参 R,1,A1 R.2.A2 R,3,A3 MP,EX,1,2.1E6 !杨氏模量 !定义结点 N,1,-B,0,0 N,2,0,0,0 N,3,B,0,0 N,4,0,-1000,0 !定义单元 E,1,4 REAL,2 E.2.4 REAL,3 E.3.4 FINISH ! !进入求解器,定义载荷和求解 /SOLU !结点 UX=UY=0 D,1,ALL,0,,3 !结点4上的X方向载荷分量 F,4,FX,200000 F,4,FY,-200000 !结点4上的Y方向载荷分量 SOLVE FINISH ! !进入 POST1 并读出状态变量数值 /POST1 SET,LAST !将每个单元的体积放入 ETABLE ETABLE, EVOL, VOLU !将单元表格内数据求和 SSUM *GET, VTOT.SSUM., ITEM, EVOL !VTOT=总体积 RHO=2.85E-4 WT=RHO*VTOT !计算总体积

!将轴向应力放入 ETABLE ETABLE, SIG, LS, 1 ! *GET,SIG,ELEM,1,ETAB,SIG !SIG1=第一个单元的轴向应力 *GET,SIG,ELEM,2,ETAB,SIG !SIG2=第二个单元的轴向应力 *GET,SIG,ELEM,3,ETAB,SIG !SIG3=第三个单元的轴向应力 ! SIG1=ABS(SIG1) !计算轴向应力的绝对值 SIG2=ABS(SIG2) SIG3=ABS(SIG3) ! !以实体单元模式显示壳单元 /ESHAPE,2 !轴测视图 /VIEW,1,1,1,1 EPLOT !画单元 1 /OPT !进入优化处理器 OPANL,truss,lgw !指定分析文件(批处理方式中不用这个命令) ! OPVAR,B,DV,400,2000 !定义设计变量 OPVAR,A1,DV,1,1000 OPVAR,A2,DV,1,1000 OPVAR,A3,DV,1,1000 OPVAR,SIG1,SV,,400 !定义状态变量 OPVAR,SIG2,SV,,400 OPVAR,SIG3,SV,400 ! OPSAVE,trussvar,opt !存储数据 !定义目标函数 OPVAR,WT,OBJ,,,2, ! !定义一阶方法 **OPTYPE, FIRST** OPFRST,45 !最大 45 次迭代 !开始优化分析 OPEXE ! OPLIST,16 !列出最佳设计序列,号为16 OPLIST,ALL !列出所有设计序列 ! /VIEW,1,,,1 !前视图 /AXLAB,X,ITERATION NUMBER !画重量对迭代数图形 /AXLAB,Y STRUCTURE WEIGHT PLVAROPT,WT ! /AXLAB,Y,BASE DIMENSION !画 B 对迭代数图形 PLVAROPT,B

!
/AXLAB,Y,MAX STRESS !画最大应力对迭代数图形
PLVAROPT,SIG1,SIG2,SIG3
!
/AXLAB,Y,CROSS-SECTIONAL AREA ! 画面积对迭代数图形
PLVAROPT,A1,A2,A3
!
FINISH
/EXIT

(五)实验结果及处理

记录实验过程、完成建模并对实验所得数据进行分析,完成实验报告。