



本书含光盘

ANSYS 工程应用 范例入门与提高

张朝晖 主编
王富耻 王鲁 李树奎 编著

范例入门与提高



清华大学出版社

范例入门与提高丛书

ANSYS 工程应用范例入门与提高

张朝晖 主编

王富耻 王鲁 李树奎 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是一本从实例分析与计算入手的 ANSYS 有限元分析软件的学习教程, 全书根据不同的学科及工程应用分为 7 章, 内容主要包括 ANSYS 建模与网格划分、结构线性、静力学分析、非线性分析、动力学分析、热分析、电磁场分析、流体动力学分析。本书内容新颖丰富、涉及领域广泛, 使读者在掌握 ANSYS 软件的同时能够领会到实际工程问题的分析思路、方法和经验, 并轻松解决本领域所出现的问题。

本书按照深入浅出的原则, 通过图形用户界面和命令流方式对不同的工程应用问题进行了详细讲解。本书的主要特色是通过“提示”、“注意”、“技巧”及“试一试”等形式, 为读者提供了大量的分析方法和技巧, 在容易出错的地方及时给予提醒, 并在每个例题后为读者提供了大展身手的机会, 令人耳目一新。书中例子的建模过程、网络划分结果及最终计算结果均放在配套光盘中, 方便读者学习。

本书适合理工院校相关专业的硕士研究生、博士研究生及教师使用, 可以作为学习 ANSYS 有限元分析软件的培训教材, 也可以作为从事相关领域科学技术研究工作的工程技术人员参考书。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS 工程应用范例入门与提高/张朝晖主编; 王富耻等编著. —北京: 清华大学出版社, 2004.10
(范例入门与提高丛书)
ISBN 7-302-09463-2

I. A… II. ①张…②王… III. 有限元分析—应用程序, ANSYS7 IV. 0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 092752 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 田在儒

文稿编辑: 闫红梅

封面设计: 李 亮

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 31.75 字数: 791 千字

版 次: 2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-09463-2/TP·6596

印 数: 1~5000

定 价: 45.00 元(附光盘 1 张)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或(010)62795704

《范例入门与提高丛书》特色提示

- ☑ 精选国内外著名软件公司的流行产品,以丰富的选题满足读者学用软件的广泛需求。
- ☑ 以中文版软件为介绍的重中之重,为中国读者度身定制,从而便捷地掌握国际先进的软件技术。
- ☑ 紧跟软件版本的更新,连续推出配套图书,使读者轻松自如地与世界软件潮流同步。
- ☑ 明确定位,面向初、中级读者,由“入门”起步,侧重“提高”,愿新手老手都能成为行家里手。
- ☑ 围绕用户实际使用之需取材谋篇,着重技术精华的剖析和操作技巧的指点,使读者深入理解软件的奥秘,举一反三。
- ☑ 追求明晰精练的风格,用醒目的步骤提示和生动的屏幕画面使读者如临操作现场,轻轻松松地把软件用起来。

丛书编委会

主 编	李振格		
编 委	汤斌浩	李幼哲	冯志强
	丁 岭	章忆文	田在儒
	吕建忠	应 勤	王景先

《范例入门与提高丛书》序

普通用户使用电脑最关键也最头疼的问题恐怕就是学用软件了。软件范围之广，版本更新之快，功能选项之多，体系膨胀之大，往往令人目不暇接，无从下手；而每每看到专业人士在电脑前如鱼得水，把软件玩得活灵活现，您一定又惊美不已。

“临渊羡鱼，不如退而结网”。道路只有一条：动手去用！选择您想用的软件 and 一本配套的好书，然后坐在电脑前面，开机、安装，按照书中的指示去用、去试，很快您就会发现您的电脑也有灵气了，您也能成为一名出色的舵手，自如地在软件海洋中航行了。

《范例入门与提高丛书》就是您畅游软件之海的导航器。它是一套包含了现今主要流行软件的使用指导书，能使您快速、便捷地掌握软件的操作方法和应用技术，得心应手地解决实际问题。

让我们来看一下本丛书的特色吧！

■ 软件领域

本丛书精选的软件皆为国内外著名软件公司的知名产品，也是时下国内应用面最广的软件，同时也是各领域的佼佼者。目前本丛书所涉及的软件领域主要有操作平台、办公软件、编程工具、数据库软件、网络和 Internet 软件、多媒体和图形图像软件等。

■ 版本选择

本丛书对于软件版本的选择原则是：紧跟软件更新步伐，推出最新版本，充分保证图书的技术先进性；兼顾经典主流软件，给广受青睐、深入人心的传统产品以一席之地；对于兼有中西文版本的软件，采取中文版，以全力满足中国用户的需要。

■ 读者定位

本丛书明确定位于初、中级用户。不管您以前是否使用过本丛书所述的软件，这套书对您都非常合适。

本丛书名中的“入门”有两层含意：一是每个例子讲解详细，绝不省略。初学者完全可以按照书中的指示，一步步去操作，很快就可以完成书中的实例。二是本丛书在实例的选择上注重循序渐进的原则。因此不需要其他书即可以轻松入门。至于书名中的“提高”，则蕴涵了图书内容的重点所在。以我们的经验，当前软件的功能日趋复杂，不学到一定的深度和广度是难以在实际工作中应付自如的。因此书名中“提高”的含义也有两层：一是书中包含了一定量有深度，有技巧的实例；二是介绍每一个实例的原理和技巧，使读者能够真正对所学软件融会贯通、熟练在手。

■ 内容设计

本丛书的内容是在仔细分析用户使用软件时所面临的困惑和目前电脑图书市场现状的基础上确定的。简而言之，就是实用、明确和透彻。它既不是面面俱到的“用户手册”，也

并非详解原理的“功能指南”，而是独具实效的实践指导书。一切围绕用户的实际使用需要选择内容，使读者在每个复杂的软件体系面前能“避虚就实”，直指目标。

每一个实例开头都有详细的实例说明、明确的学习目标，并以明确的步骤指导和丰富的应用实例准确地指明如何去做，读者只要按书中的指示和方法做成、做会、做熟，再举一反三，就能扎扎实实地轻松过关。

风格特色

本丛书具有非常鲜明的特色，主要有以下几点：

1. 实用性强

本丛书以一小节介绍一个实例，每个实例解决一个小问题或者是介绍一项小技巧，以便让读者在最短的时间内掌握操作技巧，其目的是让初学者能够在实践工作中解决问题，因此，本套丛书有着很强的实用性。

2. 逻辑性强

本丛书的着眼点虽放在一个又一个的范例上，但各个章节之间并不是就没有关联，而是通过有效地组织，把各个范例有机地串联起来。提取出每一个范例的知识点，根据读者学习的习惯和知识点的不同对范例进行分类，形成先易后难，先基础后提高的布局。通过上述方式，可以使本丛书逻辑性更强，以便帮助读者循序渐进地学习。

3. 易于获得成就感

本丛书以实例来介绍，并有比较明确的写作规范。读者可以照猫画虎完成实例，即每看完一节，就可完成一个实例，并解决一个问题，从而产生非常好的成就感。

4. 形式独特

实际上，本丛书和现在市场上的所有计算机图书一样，其目的都是通过让读者阅读本书获得计算机的使用知识，因此本质是一样的。但是，由于本丛书更改了书的结构形式和组织格局，把技术要点作为一个重要的卖点直接摆到了读者的面前，如去鞘卖剑，优势一目了然。

5. 结构清晰、学习目标明确

对于读者而言，学用软件时最重要的是，掌握从何处开始学习，目标是什么，否则很难收到较好的学习效果。因此，本丛书特别为读者精心设计了明确的学习目标，让读者有目标地去学习，同时在每一个实例操作之前就对实例进行说明，以便让读者更清晰地了解这个例子的要点和精髓。

6. 关键步骤讲解透彻

通过范例来学习，目的是让读者学会书中的一个实例。其中的关键则是要通过有限的实例，使读者能够举一反三，解决实际工作和生活中的问题。如果整个制作过程只是操作步骤，而没有必要的提示、说明、分析，则无法让读者很扎实地掌握，也难于举一反三。因此，本丛书在介绍操作步骤的过程中，特别为读者设计了一些特色段落，以在正文之外为读者指点迷津。这些段落包括：

 **注意**——提醒操作中应注意的有关事项，避免错误的发生，让您少一些傻眼的时刻和求救的烦恼。

 **提示**——提示可以进一步参见的章节，以及有关某个内容的详细信息，使您可深可浅，收放自如。

 **技巧**——指点一些捷径，透露一些高招，让您事半功倍，技高一筹。

 **试一试**——精心设计各种操作练习，您只要照猫画虎，试上一试，就不仅能在您的电脑上展现出书中的美妙画面，还能了解书中未详述的其他实现方法和可能出现的其他操作结果。随处可见的“试一试”，让您边学边用，时有所得，常有所悟。

 **分析**——分析为什么要这样做，指出操作的关键，介绍其他操作的结果。使读者知其然，也知其所以然，从而举一反三。

经过紧张的策划、设计和创作，本套丛书已陆续面市。本丛书是在“软件入门与提高丛书”的基础上新策划的一套丛书，在内容上进行了多方面的创新。相信“范例入门与提高丛书”的推出将使“软件入门与提高丛书”得到非常有益的补充。

自“软件入门与提高丛书”面世以来，已累计售出八百多万册。大量的读者反馈卡和来信给我们提出了很多好的意见和建议，使我们受益匪浅。严谨、求实、高品位、高质量，一直是清华版图书的传统品质，也是我们在策划和创作中孜孜以求的目标。尽管倾心相注，精心而为，但错误和不足在所难免，恳请读者不吝赐教，我们定会全力改进。

《范例入门与提高丛书》编委会

前 言

ANSYS 软件是融结构、流体、电场、磁场、声场分析于一体的大型通用有限元分析软件,由世界上最大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 公司开发,能与多数 CAD 软件接口,实现数据的共享和交换(如 Pro/Engineer、NASTRAN、Alogor、I-DEAS 和 AutoCAD 等),是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一,也是迄今为止世界范围内惟一通过 ISO9001 质量体系认证的分析设计类软件。

ANSYS 软件可广泛应用于机械制造、石油化工、航空航天、汽车交通、土木工程、水利水电、国防军工、电子工程、生物医学、日用家电及能源、造船、地矿等一般的工业和科学研究领域。

1. 本书的意义

本书通过、丰富的实例对 ANSYS 软件的工程应用进行了详细而具体的介绍,突破了一般图书以大量理论描述为主的定式,直接从解决实际问题入手,将 ANSYS 软件的学习溶于解决实际工程问题之中。

本书所有例题均经过精心设计与筛选,代表性强,具有实际的工程应用背景,每个例题都通过图形用户界面及命令流两种方式向读者做了详细的介绍。对于渴望入门的新手来说,通过对第 1 章几个例子的实际操作,可以在较短的时间内快速入门;对于希望解决实际工程问题的高级用户而言,也可以通过参考其中相似例题的分析思路和求解过程圆满完成任务。

本书特色段落包括:

提示 适当地给您一些提示,使您能迅速理解编者的分析思路和分析方法;

注意 在容易出现问题的地方及时提醒您注意,避免犯错误,节约您的宝贵时间;

技巧 指点您一些捷径,透露给您一些高招,让您事半功倍,技高一筹;

试一试 让您在学习完毕之后,有一个大展身手的好机会。

本书内容丰富、结构清晰,所举实例代表性强,具有较强的实用价值。

2. 本书导读

本书共分 7 章,各章主要内容如下。

第 1 章是建模与网格划分,是 ANSYS 入门基础部分,主要介绍了典型的工程构件(杆类零件、轴类零件、圆盘类零件、支座类零件)的建模与网格划分的方法与技巧。

第 2 章为结构线性静力学分析,主要对常见的拉伸、压缩、弯曲及接触等工程问题进行分析求解。

第 3 章为非线性分析,主要对由几何非线性、材料非线性以及状态非线性引起的工程

结构非线性的问题进行分析和求解。

第4章为动力学分析, 主要介绍运用 ANSYS 软件进行模态分析、谐响应分析、瞬态动力学分析以及谱分析的步骤、技巧与方法。

第5章为热分析, 主要介绍运用 ANSYS 软件解决实际的热传导、相变、热辐射、热应力问题的步骤、技巧与方法。

第6章为电磁场分析, 主要介绍运用 ANSYS 软件进行静态电磁场分析、谐性电磁场分析、瞬态电磁场分析、高频电磁场分析及电磁谐振腔分析的步骤、技巧与方法。

第7章为流体动力学分析, 主要介绍运用 ANSYS 软件进行静态流场分析、层流分析及湍流分析的步骤、技巧与方法。

3. 本书约定

本书以 Windows NT 为操作平台介绍了 ANSYS 软件, 其他可以兼容的平台包括: Windows 2000、Windows XP。为了便于阅读理解, 本书作如下约定:

- 本书例题使用环境为 ANSYS 7.0 及其以上版本。
- 本书中出现的菜单、命令均为英文并附有中文注释。此外, 为了使语句更简洁易懂, 本书利用“|”表示上下级菜单或命令的关联, 比如 Utility Menu | File | Resume From, 表示选择工具菜单中的 File 菜单, 执行其中的 Resume From 命令; 又如 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Reflect | Lines, 表示在主菜单中依次选择 Preprocessor、Modeling、Reflect、Lines 菜单, 其他依次类推。
- 在没有特别指明时, “单击”、“双击”和“拖动”表示用鼠标左键单击、双击和拖动。
- 为统一起见, 本书所有命令流中的标点符号均采用中文格式, 读者在练习过程中可自行将其修正为英文格式。
- 命令流中“!”号后面的中文为解释说明部分, 读者在使用命令流过程中不必输入。

本书第1章由王富耻执笔, 第2章、第3章、第4章、第5章由张朝晖执笔, 第6章由王鲁执笔, 第7章由李树奎执笔, 全书由张朝晖审定。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中缺点与错误在所难免, 请广大读者批评指正, 也欢迎业内人士及专家来电来函共同探讨。

作者的 E-mail: zhang@bit.edu.cn

编 者
2004 年 3 月

目 录

第 1 章 建模与网格划分	1
1.1 杆类零件的建模与网格划分	2
1.2 轴类零件的建模与网格划分	18
1.3 圆盘类零件的建模与网格划分	26
1.4 支座类零件的建模与网格划分	38
第 2 章 结构线性静力学分析	56
2.1 拉伸过程分析	57
2.2 压缩过程分析	76
2.3 弯曲过程分析	86
2.4 接触过程分析	97
2.5 综合分析	117
第 3 章 非线性分析	141
3.1 几何非线性分析	142
3.2 材料非线性分析	168
3.3 状态非线性分析	209
第 4 章 动力学分析	231
4.1 模态分析	232
4.2 谐响应分析	260
4.3 瞬态动力学分析	272
4.4 谱分析	282
第 5 章 热分析	302
5.1 稳态热传导	303
5.2 瞬态热传导	320
5.3 相变	333
5.4 热辐射	342
5.5 热应力	352
5.6 综合分析	368

第 6 章 电磁场分析	387
6.1 静态电磁场分析	388
6.2 谐性电磁场分析	401
6.3 瞬态电磁场分析	424
6.4 高频电磁场分析	434
6.5 电磁谐振腔分析	446
第 7 章 流体动力学分析	457
7.1 静态流场分析	458
7.2 层流分析	465
7.3 湍流分析	476

第 1 章

建模与网格划分

本章要点

有限元分析既是对物理现象的模拟,又是对实际工程问题的数值近似。建立合理的有限元模型是进行有限元分析的前提和基础。本章将介绍运用 ANSYS 软件对实际的工程对象进行合理的建模以及对其进行网格划分的技巧与方法。

本章主要内容

- ① 杆类零件的建模与网格划分
- ② 轴类零件的建模与网格划分
- ③ 圆盘类零件的建模与网格划分
- ④ 支座类零件的建模与网格划分



1.1 杆类零件的建模与网格划分

实例说明

图 1.1 所示为一连杆零件, 试对其建立有限元模型并进行网格划分。

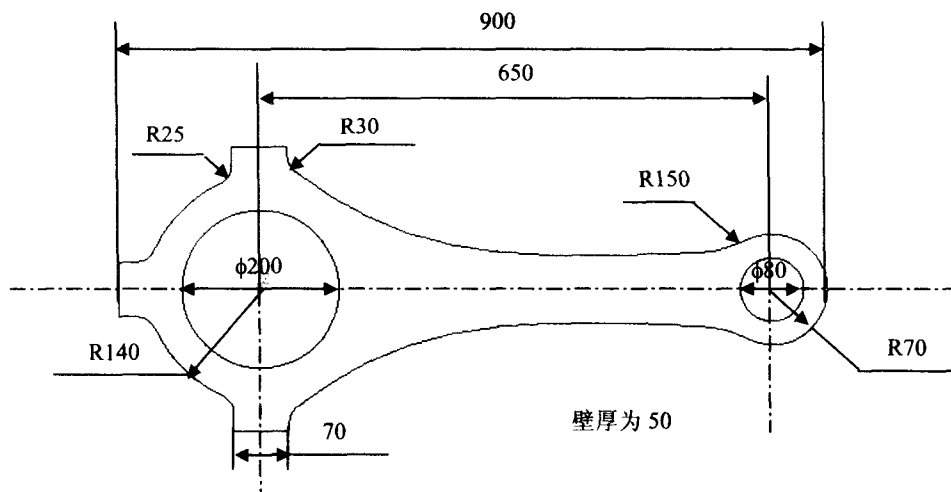


图 1.1 连杆结构示意图(单位为 mm)

 **分析:** 连杆零件一般采用自下而上的建模方法, 即先生成基本的点、线、面, 再沿法向拉伸面元素而生成相应的体模型。

学习目标

在本例中, 主要应学会进入 ANSYS, 并使用 ANSYS 的 GUI(图形读者界面)操作 ANSYS; 同时学会对简单的杆类零件进行建模与网格划分。

操作步骤

第 1 步: 启动 ANSYS 软件

 **注意:** 本书所有分析、操作过程均在 Windows NT、Windows 2000 或 Windows XP 环境下。

- (1) 在 Windows 操作系统中选择【开始】|【程序】| Ansys7.0 | Ansys Interactive 命令, 出现 ANSYS Interactive 7.0 Launcher 对话框, 如图 1.2 所示。
- (2) 在 Product selection 下拉列表框中选择 ANSYS Multiphysics/LS-DYNA; 在 Working directory 文本框中输入 ANSYS 的工作目录 E:\zhang\ANSYS\ansys 7.0, ANSYS 所有的生成文件都将写在此目录下; 在 Graphics device name 下拉列表框中选择

win32, 如果计算机配置了 3D 显卡, 则选择 3D; 在 Initial jobname 文本框中设定初始工作文件名 exercise1, 默认工作文件名为上次运行的工作文件名, 第一次运行 ANSYS 的默认工作文件名为 file, 在本书中, 根据所举实例的先后顺序将工作文件名依次设定为 exercise1, exercise2, ...; 在 MEMORY REQUESTED(megabytes) 选项组中选中 Use Default Memory Model 复选框; 单击 Run 按钮, ANSYS 开始运行并出现如图 1.3 所示的 ANSYS Multiphysics/LS-DYNA utility Menu(exercise1)窗口。

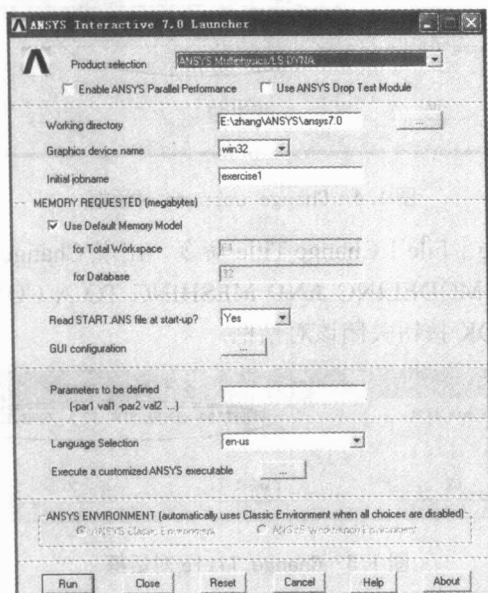


图 1.2 ANSYS Interactive 7.0 Launcher 对话框

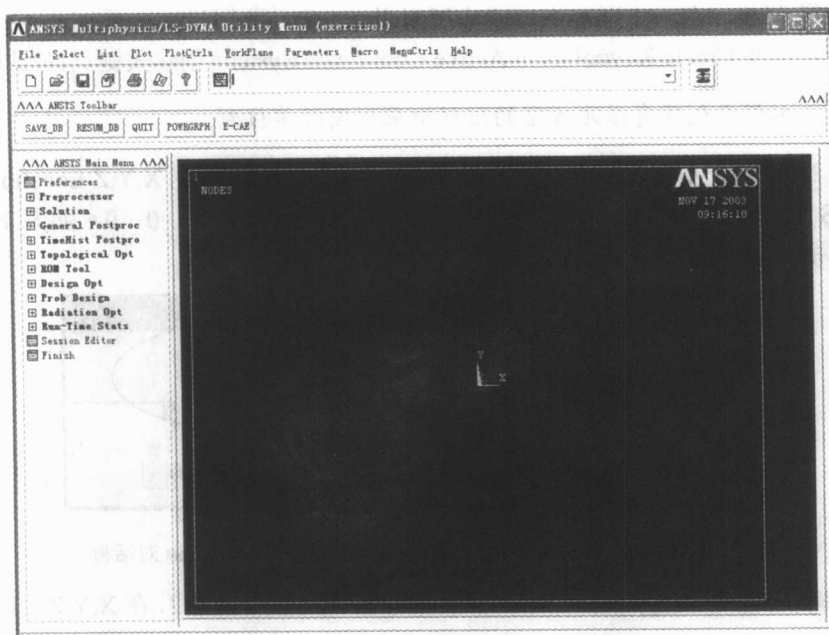


图 1.3 ANSYS Multiphysics/LS-DYNA utility Menu(exercise1)窗口

第2步: 建立工作文件名和工作标题

- (1) 选择 Utility Menu | File | Change Jobname 命令, 出现 Change Jobname 对话框。
- (2) 在 Enter new jobname 文本框中输入工作文件名 exercisel, 并将 New log and error files 设置为 Yes, 如图 1.4 所示, 单击 OK 按钮关闭该对话框。

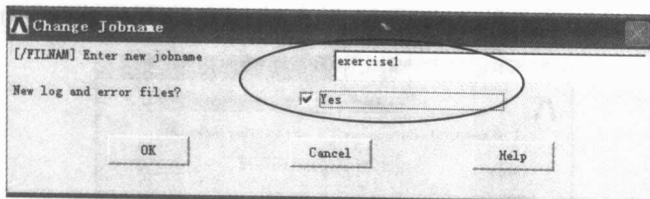


图 1.4 Change Jobname 对话框

- (3) 选择 Utility Menu | File | Change Title 命令, 出现 Change Title 对话框。在文本框中输入工作标题 MODELING AND MESHING TO A CONNECTING ROD, 如图 1.5 所示, 单击 OK 按钮关闭该对话框。

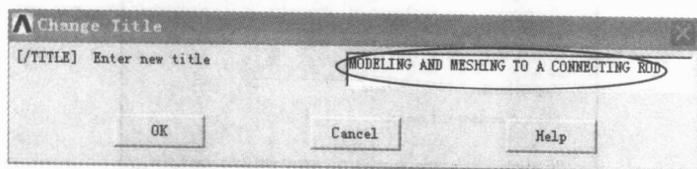


图 1.5 Change Title 对话框

第3步: 创建几何模型

- (1) 选择 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Create | Keypoints | In Active CS 命令, 出现 Create Keypoints in Active Coordinate System(创建关键点)对话框。



注意: 本例在创建有限元模型的过程中采用国际单位制。

- (2) 在 NPT Keypoint number 文本框中输入关键点编号 1, 在 X,Y,Z Location in active CS 文本框中分别输入第 1 个关键点的 3 个坐标值 -0.18, 0, 0, 如图 1.6 所示, 单击 Apply 按钮。

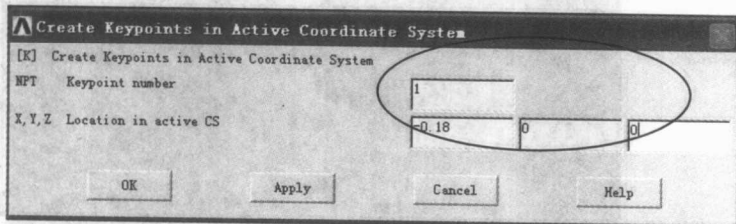


图 1.6 Create Keypoints in Active Coordinate System 对话框

- (3) 重新在 NPT Keypoint number 文本框中输入关键点编号 2, 在 X,Y,Z Location in

active CS 文本框中分别输入第 2 个关键点的 3 个坐标值-0.18, 0.035, 0, 单击 Apply 按钮。重复上述过程, 输入第 3 个点的编号 3 和 3 个坐标值-0.14, 0.035, 0。

- (4) 单击 OK 按钮, 关闭 Create Keypoints in Active Coordinate System 对话框。
- (5) 选择 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Create | Lines | Lines | In Active Coord 命令, 出现 Lines in Active Coord(创建直线段)对话框。
- (6) 选中该对话框中的 Pick 单选按钮, 如图 1.7 所示, 用鼠标在屏幕上选取关键点 1 和 2, 使之连接成为一条线段; 再选取关键点 2 和 3, 使之连接成为另外一条线段。生成结果如图 1.8 所示。

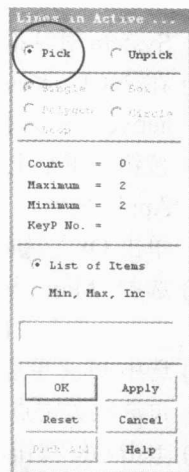


图 1.7 Lines in Active Coord 对话框

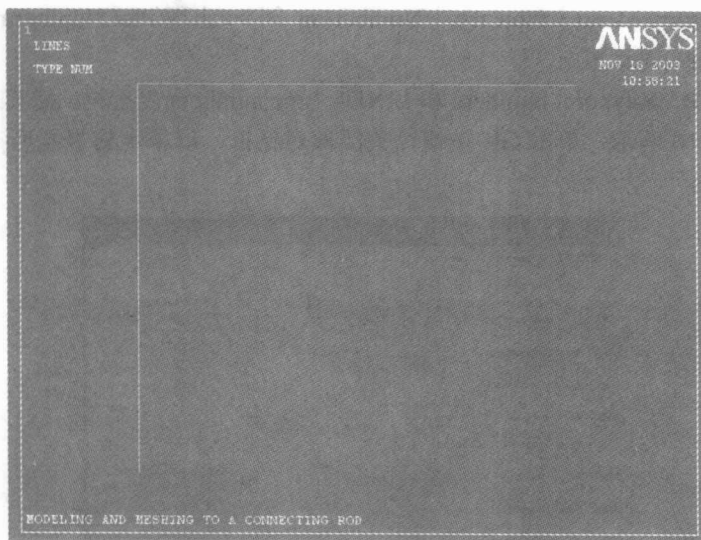


图 1.8 生成直线结果显示

- (7) 单击 OK 按钮, 关闭 Lines in Active Coord 对话框。
- (8) 选择 Utility Menu | File | Save as 命令, 出现 Save DataBase(保存结果)对话框, 在 Save Database to 文本框中输入 exercise11.db, 如图 1.9 所示, 单击 OK 按钮, 保存上述操作过程。
- (9) 选择 Utility Menu | WorkPlane | Change Active CS to | Global Cylindrical 命令, 将当前坐标系变换成柱坐标系。

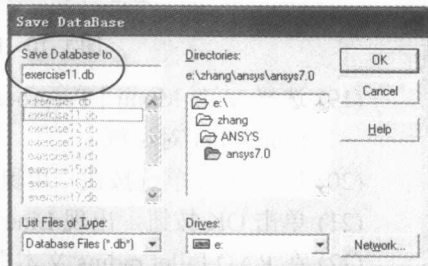


图 1.9 Save DataBase 对话框

- (10) 选择 Main Menu | Preprocessor | Modeling |

Create | Keypoints | In Active CS 命令, 出现 Create Keypoints in Active Coordinate System 对话框。

- (11) 在 NPT Keypoint number 文本框中输入关键点编号 4, 在 X,Y,Z Location in active CS 文本框中分别输入第 4 个关键点的柱坐标值 0.14, 135, 0, 单击 Apply 按钮, 重复上述过程, 输入第 5 个关键点的编号和柱坐标值 0.1, 180, 0, 单击 Apply 按钮, 重复上述过程, 输入第 6 个关键点的编号和柱坐标值 0.1, 135, 0, 单击 OK 按钮, 关闭该对话框。
- (12) 选择 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Create | Lines | Lines | In Active Coord 命令, 出现 Lines in Active Coord 对话框。
- (13) 选中 Pick 单选按钮, 用鼠标在屏幕上选取关键点 3 和 4, 使之连接成为一条线段, 再选取关键点 5 和 6, 使之连接成为另外一条线段。
- (14) 单击 OK 按钮, 关闭 Lines in Active Coord 对话框。
- (15) 选择 Utility Menu | Select | Everything 命令, 选中所有的点、线。
- (16) 选择 Utility Menu | Plot | Lines 命令, 在屏幕上显示所有线段。
- (17) 选择 Utility Menu | PlotCtrls | Numbering 命令, 出现 Plot Numbering Controls(数字显示控制)对话框。
- (18) 选中 KP Keypoint numbers 和 LINE Line numbers 复选框, 使其从 Off 变为 On, 如图 1.10 所示。单击 OK 按钮, 关闭该对话框, 屏幕上将显示所有关键点及线段的序号。

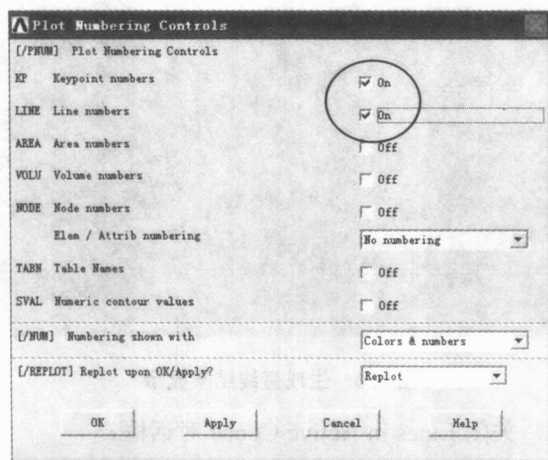


图 1.10 Plot Numbering Controls 对话框

- (19) 选择 Main Menu | Preprocessor | Modeling | Create | Lines | Line Fillet 命令, 出现 Line Fillet 对话框。
- (20) 选择 Pick 单选按钮, 用鼠标在屏幕上选取编号为 L2 和 L3 的线段。
- (21) 单击 OK 按钮, 出现 Line Fillet(倒角)对话框。
- (22) 在 RAD Fillet radius 文本框中输入倒角圆半径 0.025, 如图 1.11 所示。单击 OK 按钮, 关闭该对话框。