

集成化的通用结构分析与设计软件

SAP2000®

使用教程



**Computers and Structures, Inc.**  
**Berkeley, California, USA**



北京金土木软件技术有限公司  
北京市首体南路 9 号主语国际 2 号楼  
中国建筑标准设计研究院 100048

Version 14  
2009-06

# 版 权

计算机程序 SAP2000 及全部相关文档都是受专利法和版权法保护的产品。全球范围的所有权属于 Computers and Structures, Inc. (SAP2000 中文版版权同属于北京金土木软件技术有限公司)。如果没有 Computers and Structures, Inc. 和北京金土木软件技术有限公司的预先书面许可, 未经许可的程序使用或任何形式的文档复制一律禁止。

更多信息和此文档的副本可从以下获得:

北京金土木软件技术有限公司

北京市首体南路 9 号主语国际 2 号楼中国建筑标准设计研究院 100048

电话: 86-10-8838 3866/3766/5466/6366

传真: 86-10-8838 1056

电子邮件: support@bjcks.com

网址: <http://www.bjcks.com>

Computers & Structures, Inc.

1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA

电话: (510) 649-2200

传真: (510) 649-2299

电子邮件: support@csiberkeley.com

网址: [www.csiberkeley.com](http://www.csiberkeley.com)

北京金土木软件技术有限公司版权所有©, 2003–2009.

© Copyright Computers and Structures, Inc., 1978–2009.

The CSI Logo® and SAP2000® are registered trademarks of Computers and Structures, Inc.

Watch and Learn™ is a trademark of Computers and Structures, Inc.

Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation

Adobe and Acrobat are registered trademarks of Adobe System Incorporated.

# 免 责 声 明

SAP2000 的开发及文件编制投入了相当多的时间、努力及费用。程序已经经过彻底地测试及使用。然而，在程序使用方面，使用者接受并清楚知道开发者或经销商在程序的准确性或可靠度上没有做任何直接或暗示的担保。

本程序是实用且强大的结构设计工具。然而，使用者必须清晰地理解程序在如下环节的基本假定：建模、分析和设计算法，以及没有提及的方面。

程序生成的信息必须由有资质和有经验的工程师来校核。工程师必须独立地核查结果，承担所使用信息的专业责任。

# 致 谢

首先感谢许许多多的结构工程师，在过去的若干年中，他们提供了很有价值的反馈信息，这些反馈信息使该产品得到提升，达到了目前的水平。

要特别感谢加州大学 Berkeley 分校名誉教授，Edward L. Wilson 博士。他提出了最初的 SAP 系列程序的概念并进行了程序开发。他持续的创意产生了许多独一无二的概念，在该版本中已实现了这些概念。

---

## 目录

---

第一章 简介 .....	1
使用本手册 .....	1
程序简介 .....	1
使用本教程 .....	2
第二章 教程 .....	3
工程 .....	3
界面 .....	4
第一步 建立新模型 .....	4
定义材料 .....	7
定义截面自动选择列表 .....	8
第二步 添加框架对象 .....	12
绘制框架对象 .....	12
复制对象 .....	13
修剪对象 .....	16

指定单元端部释放.....	18
保存模型.....	20
第三步 添加面对象.....	20
定义面截面.....	20
绘制面对象.....	21
剖分面对象.....	23
第四步 施加约束.....	25
第五步 定义荷载模式.....	26
第六步 指定重力荷载.....	27
第七步 指定面刚度修正.....	28
第八步 运行分析.....	29
第九步 图形显示分析结果.....	32
第十步 设计钢框架对象.....	36

---

# 第一章 简介

---

## 使用本手册

本手册介绍SAP2000 V14，并逐步引导用户建立第一个模型。目的是介绍程序的基本特点，以及运用本程序如何快速、便捷地建立模型。完成本教程中的示例练习，读者能以最快的速度熟悉SAP2000。

我们强烈推荐您打印此文件，不建议以电子文档的方式来查看。因为毕竟在屏幕上显示此文件的同时又使用SAP2000程序是很不方便的。

## 程序简介

SAP2000是一个卓越的以有限元为基础的结构分析和设计程序。它提供了功能强大的交互式用户界面，附带的许多工具可帮助用户快速、精确地创建模型，同时具有最复杂工程所需的分析技术。

SAP2000是一个面向对象的有限元程序，即用代表物体实际的构件对象来创建模型。正如现实中存在的那样，由众多构件构成的一根梁在程序中也是用一个单独的对象来建立的；而通过程序内部的网格剖分处理，可以确保它与其它对象的连接。分析和设计的结果对整个对象产生报告，而不是对构成对象的子单元，这样分析得到的结果更容易解释并且和实际结构保持一致。

## 使用本教程

SAP2000功能强大，具有很多特征和功能。本手册并没有涉及到程序本身所有的功能。只是大致展示了如何利用程序进行工作，并在此过程中提供了一些解释说明。想要更多了解SAP2000特征，请参考SAP2000文档，如验证手册等。

我们推荐用户边阅读边进行程序的操作。在开始本教程之前，必须安装SAP2000程序。准备至少花1个小时的时间完成此例。如果用户需要中途暂停，请保存此模型，以便下次学习时从上次保存的模型继续往下进行。

在本教程中，将展示SAP2000的很多基本特点。我们希望用户在开始使用SAP2000阶段能够沉浸其中，并找到适合自己的方法。

欢迎使用SAP2000。

---

## 第二章 教程

---

本章一步一步地介绍如何建立SAP2000模型。建模的每一过程都进行了标识，并在不同阶段介绍了不同的建模技术。在本章结束时，将建立一个如图1所示的模型。

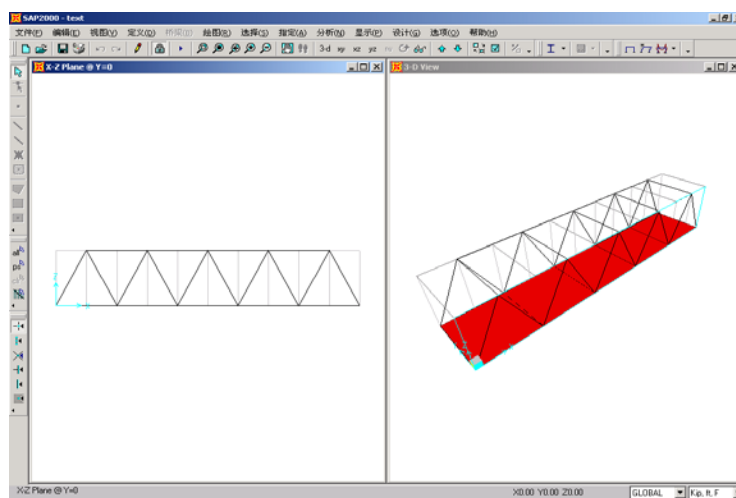


图 1 教程模型

### 工程

教程中所用的工程是一个具有5块板的斜桁架桥。桥跨60 ft，板的长和宽均为12 ft。一端为滑动支座，另一端为铰支座。

桁架及斜腹杆的截面为2L4×4双角钢，桥面板为5英寸厚混凝土板。只进行静力分析；桥面恒载 10 psf，活载100 psf。

界面

窗口顶部菜单包含SAP2000的所有命令和选项，包括定义、绘图、选择、指定、分析、显示、设计。这些菜单包含SAP2000经常使用的命令。如果该菜单中的选项左侧有相应的图标，则表明读者可以通过点击绘图区域周围屏幕上的相应按钮便捷地执行命令。大多数常用命令都可以通过这种方式实现。屏幕的右下角显示当前使用的单位。图2显示界面的布置。

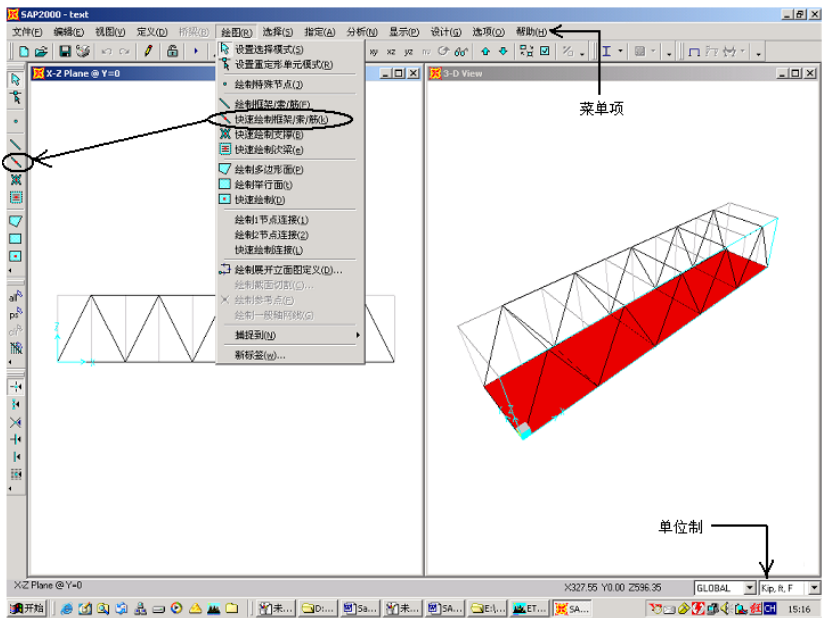


图 2 显示界面

第一步 建立新模型

这一步中，定义基本轴网作为建立模型的模板。定义一种材料，然后选择一个双角钢列表作为桁架自动选择列表。


- A. 点击**文件>新模型**命令或**新建模型**按钮。将显示图 3 的对话框。确认缺省单位为 Kip-in。



图 3 模型对话框

- B. 新模型对话框允许用户使用各种参数来快速生成多种类型的模型。在本教程中，从只建立轴网开始建立模型。设置轴网时，模型主要的几何特征应反映在轴网参数上，建议花一些时间仔细设置轴网线的数量和间距。点击**轴网**按钮，显示图 4 对话框。
- C. 快速网格线系统对话框用来指定 X、Y、Z 方向的轴网线数量和间距。指定 X 方向的轴网线数为 11，Y 和 Z 方向为 2。输入 X 方向轴网线间距 6 ft 并回车。注意程序自动将 6 ft 转换为 72 in 以和缺省的英寸单位一致。输入 Y 和 Z 方向间距 12 ft 或 144。在第一网格位置中输入的数值确定了网格线原点坐标——确认本例中这些值被设置为零。

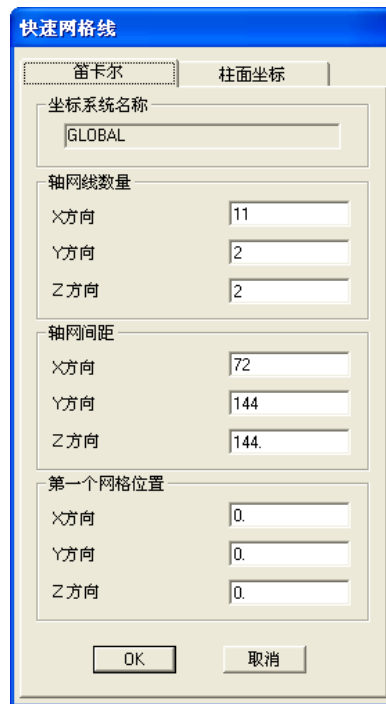


图 4 快速网格线对话框

- D. 点击**确定**按钮接受改变，程序显示如图 5 所示。注意轴网将在两个窗口垂直排列，左侧 X-Y 平面视图，右侧 3-D 视图，如下图所示。窗口的数量可以通过选择**选项>窗口**命令改变。

图 5 中平面视窗处于激活状态。当窗口被激活时，标题栏高亮显示。在一个视窗中任何位置点击一下便可激活此视窗。

同时注意视图中也显示全局坐标系，Z 轴的正方向向上，负方向指向重力（向下）方向。

## 6 第一步 建立新模型

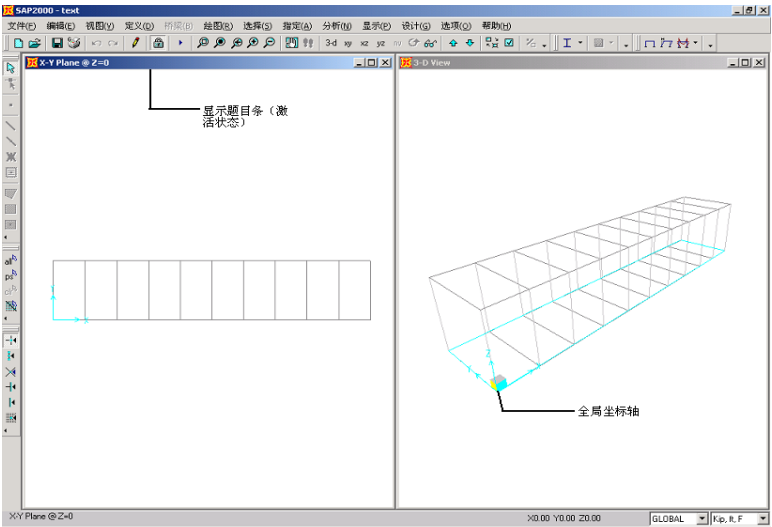


图 5 SAP2000 窗口

### 定义材料

程序预先定义了两种默认材料属性，一种是混凝土，一种是钢材。这里我们添加一种双角钢的材料属性。定义材料时可能会用到一些复杂参数，如要求输入非线性应力-应变数据等。对于此例，我们使用**快速定义材料**选项。

- A. 点击**定义 菜单>材料**命令显示定义材料对话框，如图 6 所示。
- B. 点击**快速添加材料**按钮，显示快速材料定义对话框，如图 7 所示。
- C. 用户可以在快速材料定义对话框中快速选取规范中规定的材料类型。从材料类型下拉列表选取 *steel* 材料。
- D. 从规范下拉列表中选择 *ASTM A36*；程序具有预先定义材料的所有必需属性。
- E. 点击**确定**按钮，关闭快速材料定义和定义材料对话框。

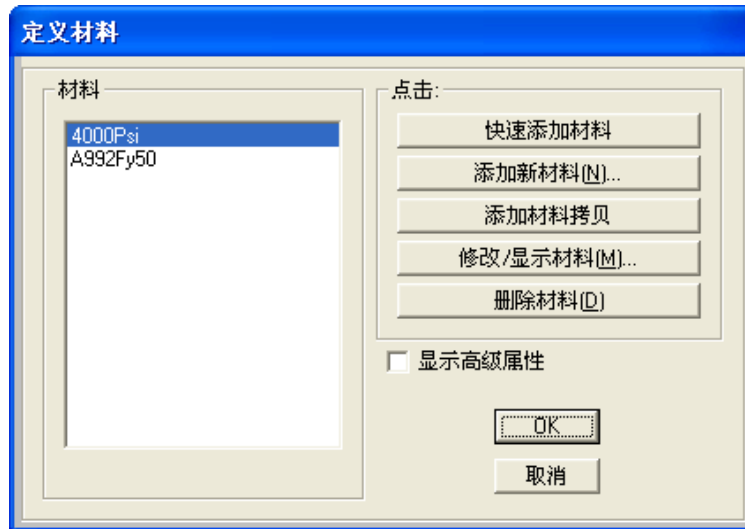


图 6 定义材料对话框

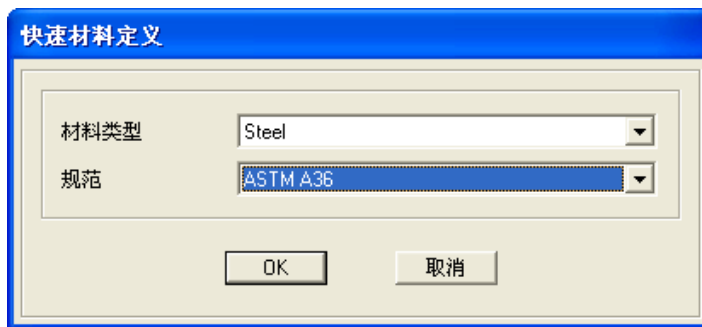


图 7 快速材料定义对话框

### 定义截面自动选择列表

一个截面自动选择列表是一个便捷的截面列表。如同将一种独立的截面指定给框架对象，我们可以采用相同的方式将截面自动选择列表定义给框架对象。截面自动选择列表被指定给框架对象后，程序在进行构件设计时便可以自动地从列表中选择最经济、且能够满足承重要求的截面。当运行初步分析时，程序先从在列表中指定适中的截面进行分析。

对于本教程，程序将以一组双角钢截面（2L4×4）来进行分析和设计。

## 8 第一步 建立新模型

- A. 点击**定义 菜单>截面属性>框架截面**命令，将显示框架属性对话框如图 8 所示。

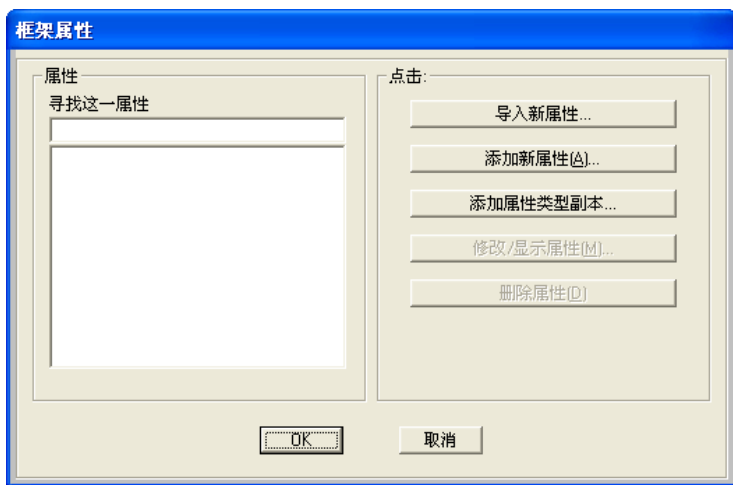


图 8 框架属性对话框

- B. 点击**导入新属性**，显示导入框架截面属性如图 9 所示。
- C. 确认导入截面属性对话框中，*Steel* 显示在框架截面属性类型的下拉列表中。在**点击导入钢截面**栏内，点击**双角钢**按钮，打开截面属性文件对话框。
- D. 使用截面属性文件对话框寻找 *SECTIONS8.PRO* 文件，此文件包含模型中要使用的双角钢截面属性。*SECTIONS8.PRO* 文件一般存储在 SAP2000 的安装目录下。高亮显示此文件，点击**打开**按钮。*SECTIONS8.PRO* 截面列表如图 10 所示。
- E. 从材料下拉列表中选择 *A36*——此材料为先前已定义好的。点击**+**将显示定义材料对话框，然后可以修改和添加材料。
- F. 在截面标签域中向下滚动直至找到第一个 *2L4×4*。在构件上点击一下高亮显示它。
- G. 向下滚动列表直到找到最后一个 *2L4×4*。按住 **Shift** 键在 *2L4×4×7/16×3/8* 上点击一下——所有的 *2L4×4* 截面将高亮显示。
- H. 点击**确定**按钮，然后在双角钢截面对话框中点击**确定**按钮，将选择的角钢增加到框架属性对话框中的截面属性域中。

- I. 点击**增加新属性**按钮，显示添加框架截面属性对话框。
- J. 在框架截面属性类型下拉列表中，选择 *Steel*。



图 9 导入框架截面属性对话框

- K. 点击 **自动选择列表**按钮，显示自动选择界面对话框如图 11 所示。
- L. 在自动截面名称编辑栏中输入 **TRUSS**。
- M. 在截面列表栏中，定位  $2L4 \times 4 \times 1/2$  双角钢截面，单击高亮显示。
- N. 向下滚动列表直到找到最后一个双角钢截面  $2L4 \times 4 \times 7/16 \times 3/8$ ，按住 **Shift** 键在上点击一下——所有的  $2L4 \times 4$  截面将高亮显示。
- O. 点击**添加**按钮，将选择的截面添加到对话框右侧的自动选择编辑框内。

## 10 第一步 建立新模型

- P. 点击**确定**按钮，然后再点击框架属性对话框中的**确定**按钮，TRUSS 截面自动选择列表即增加到属性编辑框中。

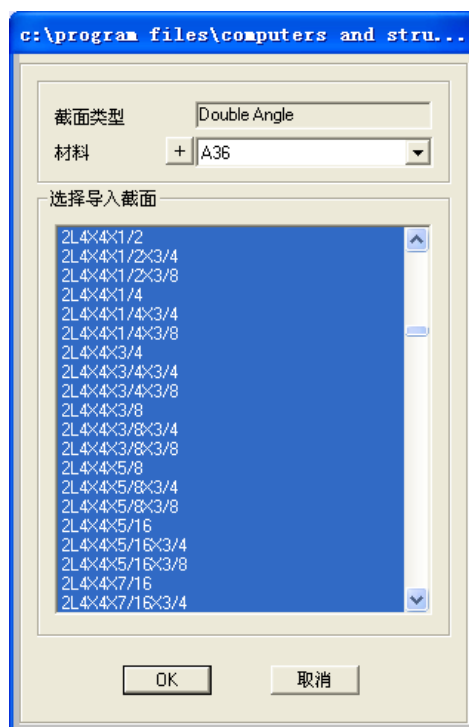


图 10 Sections8.pro 截面列表




图 11 自动选择截面对话框

## 第二步 添加框架对象

这一步中，用轴网和捕捉选项绘制截面属性为TRUSS的框架对象，并用**编辑菜单**中的命令来编辑框架对象。

### 绘制框架对象

确认 X-Y 平面@Z=144 视图是激活的（见第一步 D 如何激活一个视图）。此视图应位于左侧窗口。检查**捕捉节点和轴线交点**命令是否处于激活状态。该捕捉命令的激活将有助于模型的精确定位。按下  按钮，或者使用**绘制 菜单>捕捉到>点和轴网交点**命令，可以激活该命令。默认情况下，该捕捉命令是激活的。

#### A. 点击**视图 菜单>设置二维视图**命令

1. 点击 X-Y 平面选项。
2. 在 Z 编辑框内输入 0，显示底层平面，然后点击**确定**按钮。

#### B. 点击**绘制框架/索/钢束**按钮 或使用**绘制 菜单>绘制框架/索/钢束**命令。如果从**绘制 菜单>绘制框架/索/钢束**执行命令，**绘制框架/索/钢束**按钮将是按下的，以确认对该命令的选择。弹出框架对象属性对话框如图 12 所示。

## 12 第二步 添加框架对象




图 12 对象属性对话框

任何视窗中，如果对象属性对话框盖住了模型的某一部位，用户可以将它拖开。

- C. 在对象属性对话框中点击**截面**编辑框，向下滚动到 *TRUSS*。单击将 *TRUSS* 自动选择列表赋给绘制的构件。
- D. 绘制第一个框架对象，左键单击 X-Y 平面视窗的 X-Y 原点，然后再单击同一水平轴网线的最远端（ $x=720, y=0$ ）。光标以坐标形式显示在界面右下角。一个框架线对象将在两个视窗中（平面和三维）显示。点击定义框架对象端点之后，右键点击将“拿起画笔”，即不再继续绘制。此时**绘制框架/索/钢束**命令仍然是激活的，可以继续添加对象。

如果绘制这个对象时出错，点击**选择对象**  按钮，离开绘制模式进入选择模式。然后点击**编辑 菜单>撤销框架添加**命令，重复上述 B-D 命令。

- E. 重复 D，绘制另一个与第一个从（ $x=0, y=144$ ）到（ $x=720, y=144$ ）的构件平行的框架对象。这些单元构成桁架的下弦。右键单击停止绘制。
- F. 左键单击点（ $x=0, y=0$ ）和（ $x=0, y=144$ ），绘制第一个横杆。
- G. 点击**选择对象** , 或者按下 Esc 键退出**绘制框架/索/钢束**命令。

复制对象

确认程序处于选择模式。

- A. 直接在单元上点击选择跨越纵弦的横向单元，或者点击对象的右半部分，按住鼠标左键，拖过单元。选择选项见图 13。

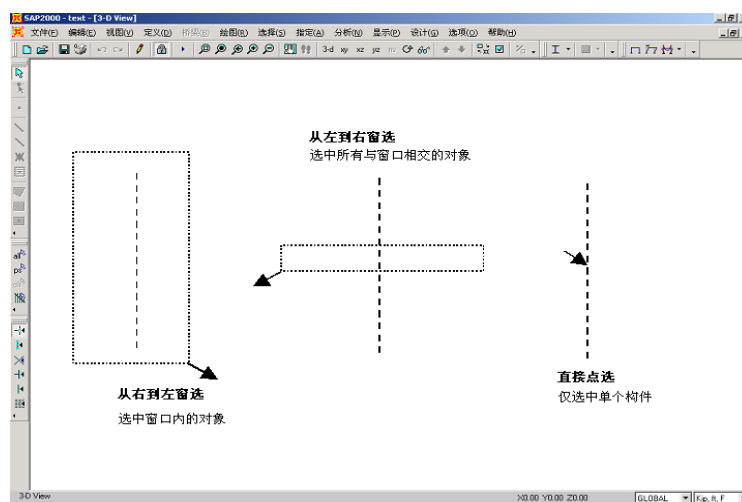


图 13 选择选项

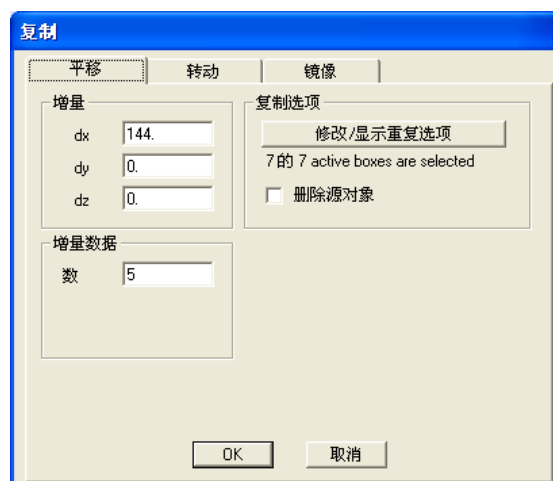


图 14 复制对话框

- B. 点击**编辑** 菜单>带属性复制命令，弹出图 14 对话框。
- C. 在线性栏中的 dx 编辑框中输入 144。
- D. 在数量编辑栏中输入 5。
- E. 点击**确定**按钮，此时横向构件已间隔性地布置在网格线上。

## 14 第二步 添加框架对象

- F. 点击**选择 菜单>选择>选择线平行于>点击直线对象**，左键单击沿 x 轴的纵弦杆。此时也选择了另外一根平行弦杆。
- G. 点击**指定 菜单>框架>框架自动剖分**命令，弹出图 15 对话框。选择**框架自动剖分**选项，勾选**在节点位置**和**在和其它框架,面的边,和实体的边的交点**复选框，然后点击**确定**。

由于弦杆是作为一个单独的“物理”对象绘制的，此种剖分保证了弦杆和其它单元的连接，。从分析的角度看，弦杆现在与所有框架单元相连，但是在物理模型中它们仍然是一个单独对象。

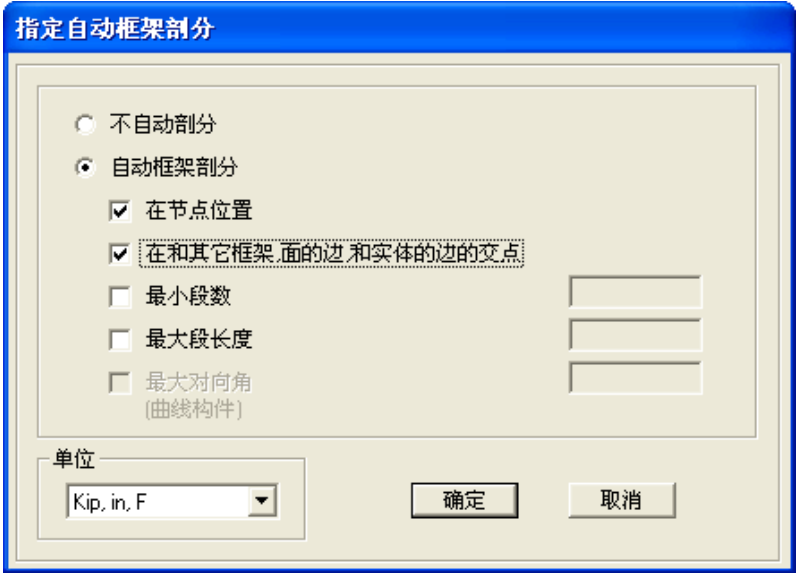



图 15 指定框架自动剖分对话框

- H. 点击 **选择所有**  按钮或者用**选择 菜单>选择>全部**命令，选择模型中所有的对象。
- I. 点击**编辑 菜单>带属性复制**命令，弹出复制对话框
1. 在 dx、dy、dz 编辑框中依次输入 **72、0、144**。
  2. 在数目编辑框中输入 **1**。
  3. 点击**确定**接受选择。

此时框架底平面被复制到顶部，在 X 方向有 72 英寸的偏移。

## 修剪对象

确认程序处于选择模式，X-Y 视窗是激活的。

### A. 点击**视图 菜单>设置二维视图**命令

1. 在设置二维视图对话框中点击 **X-Y 平面** 选项。
2. 在 **Z=** 编辑框中输入 **144**，显示最顶层平面视窗，然后点击**确定**按钮。

### B. 点击**指定 菜单>清除指定显示**命令去掉框架细分标志。

### C. 点击两个顶弦杆，右数第二个横向构件，以及两上弦杆的两右端点，如图 16 所示。选择的对象用虚线显示。

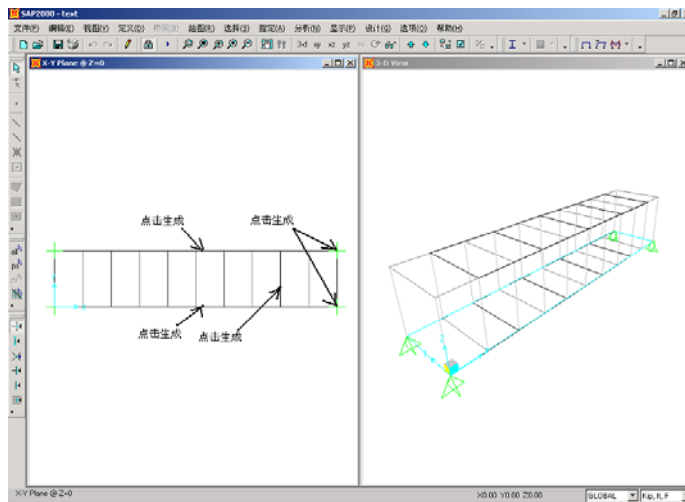


图 16 修剪用的选择模式

### D. 点击**编辑 菜单>编辑线>剪短/延伸框架**命令，弹出截短/延长所选框架对话框。

1. 选择**截短框架**选项，点击**确定**。  
选择修剪框架选项，将修剪与最后一个横向构件相邻的两个顶部弦杆。修剪一个框架单元时，先选择该单元，然后选择另外一个单元作为修剪位置，最后选择被修剪部分上的某个点。

### E. 点击最右端“独立的”横向框架单元，执行**编辑 菜单>删除**命令，或者按键盘上的 DEL（删除）键。

## 16 第二步 添加框架对象

- F. 确认平面视窗激活，点击**视图 菜单> 设置二维视图**命令。
1. 在设置 2D 视图对话框中选择 **X-Z 平面**选项；
  2. 在 **Y=** 编辑框内输入 0，点击**确定**按钮。

模型如图 17 所示。

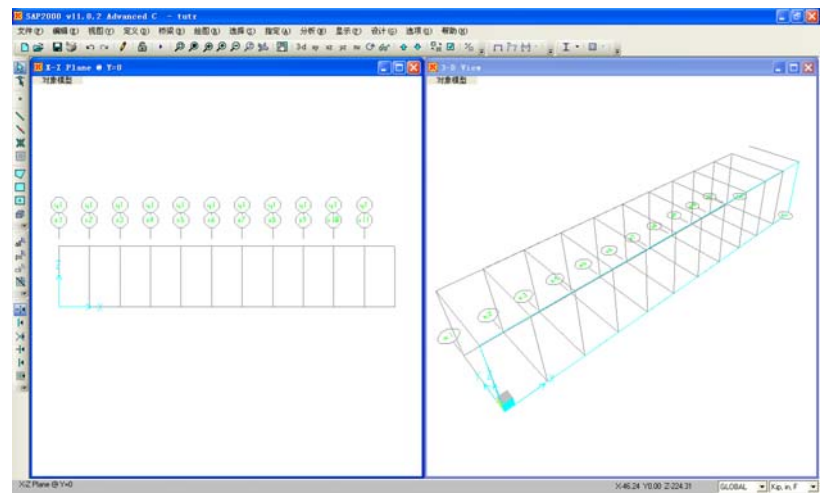


图 17 添加框架对象后模型

- G. 点击**绘制框架/索/钢束**按钮或用**绘制 菜单>绘制框架/索/钢束**命令，弹出框架对象属性对话框。
- H. 确认对象属性对话框的属性项设为 **TRUSS**。
- I. 绘制第一个斜腹杆，在 **X-Z** 平面视窗中左键点击 **X-Z** 原点，然后再点击最近的顶弦杆的端点（ $x=72, z=144$ ）。继续点击点（ $x=144, z=0$ ）增加第二根斜腹杆。
- J. 这样就绘制了一对斜腹杆。
- K. 点击右键并点击**选择对象**按钮，或者按 **Esc** 键退出**绘制框架/索 /钢束**命令。
- L. 从右到左拉出一个选择框，选定刚画的两个斜腹杆，见图 13 选择选项。
- M. 点击**编辑 菜单>带属性复制**命令，弹出复制对话框。

1. 在 dx、dy、dz 输入框中依次输入 144、0、0。
2. 在数量框中输入 4。
3. 点击**确定**接受改变。

完成了一榀桁架的斜腹杆的绘制。

N. 从右向左拉出一个选择框，覆盖所有的斜腹杆。

O. 点击**编辑 菜单>带属性复制**命令，弹出复制对话框。

1. 在线性栏中，在 dx、dy、dz 输入框中依次输入 0、144、0。
2. 在数量框中输入 1。
3. 点击**确定**完成复制。

当前的模型如图 18 所示。

### 指定单元端部释放


在 X-Z 视图激活的情况下，确保程序处于选择模型状态。

A. 从右向左用框选整个图形。

B. 点击**指定 菜单>框架>释放/部分固定**命令弹出图 19 所示菜单。检查勾选弯矩 33(主轴)起点和终点释放定义框。

通过释放主轴方向的弯矩，桁架单元将表现为铰接性质。

C. 点击**确定**返回选择模式。

D. 点击**视图 菜单>设置二维视图**命令。在二维视图中点击 *X-Z 平面* 并且在 Y=位置输入 **144**，显示另一个立面图。也可以通过**在列表中上移**  按钮选择另一个立面图。

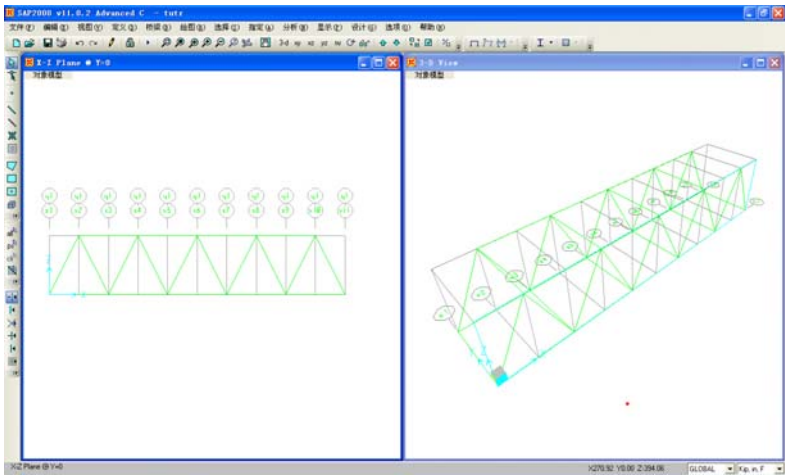


图 18 所有框架对象加入后的模型



图 19 指定框架释放对话框

- E. 从右向左框选整个图形。
- F. 点击**指定 菜单>框架>释放/部分固定**命令，弹出图 19 所示菜单。检查弯矩 33(主轴)起点和终点释放定义。点击**确定**接受修改。

- G. 点击**指定 菜单>清除指定显示**命令，去掉框架单元释放标识。

## 保存模型

在建模过程中，需经常保存模型。虽然一般情况下用户可将其存为同一个文件名，但用户可以根据建模工作的不同阶段，将它存为不同的名字。

- A. 点击**文件 菜单>保存**命令，或者点击**保存**  按钮，通过选定路径来保存模型。在此教程中，定义文件名为 Truss。

## 第三步 添加面对象

在这一步骤中，一个混凝土板面对象将被添加于模型中。

### 定义面截面

确认 X-Z 视图是激活状态的。现在切换到平面视图，并且指定混凝土板的性质。

- A. 点击**视图 菜单>设置二维视图**命令。在二维视图中点击 X-Y 平面并且在 Z=位置输入 0，点击**确定**按钮。
- B. 点击**定义 菜单>截面属性>面截面**命令，弹出面对象对话框。
- C. 确认选择要加入的截面类型栏内为 *shell*。点击**添加新的截面**按钮。图 20 显示了面对象对话框。

在截面名称中键入 DECK。

1. 确认材料名称为 *4000Psi*。点击+将显示定义材料对话框，然后可以修改或添加材料。
2. 设置厚度参数（膜厚度和弯曲厚度）为 5，表明混凝土板厚度为 5 英寸。
3. 通过定义，一个壳单元具有膜和弯曲双重特性。
4. 点击**确定**按钮，并且点击面对象对话框中**确定**按钮，完成混凝土板的定义。

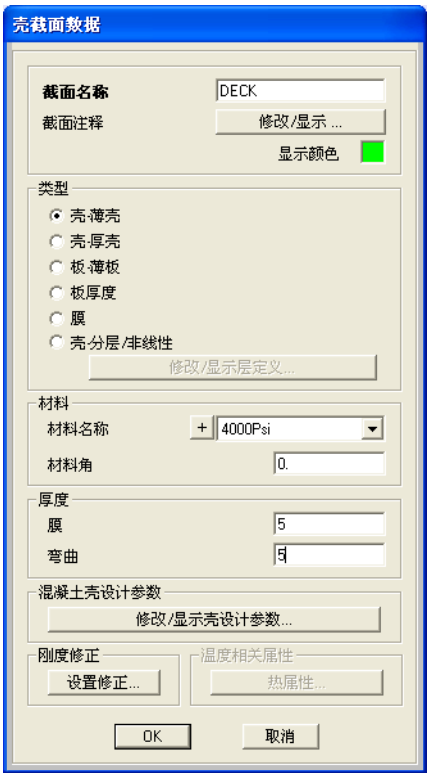



图 20 壳截面数据对话框

绘制面对象

确认 X-Y 平面在 Z=0 视图是激活状态。通过以下的操作建立一个具有所定义的 DECK 性能的面对象。

- A. 点击**绘制多边形面对象**  按钮，或者执行**绘图 菜单>绘制多边形面**命令。图 21 中所示为面对象属性表。

确认表中截面名为 *DECK*。如果不是，点击编辑栏将弹出滚动菜单，从列表中选择 *DECK*。

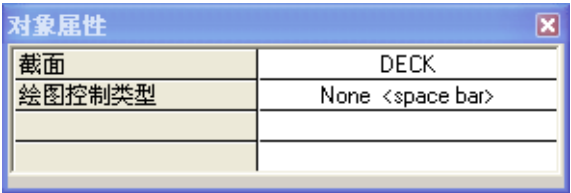




图 21 对象属性框

- B. 检查**捕捉节点和轴线交点**命令为激活状态。这将辅助用户精确绘制面对象。
- C. 单击原点(x=0,y=0)，然后围绕模型顺时针转动，依次点击对象的角点(x=0,y=144), (x=720,y=144) 和(x=720,y=0)，绘制面对象的边界。
- D. 按回车键停止绘图。
- E. 点击**选择对象**  按钮，或者按键盘上的 Esc 键，退出绘制多边形面对象命令。
- F. 为了更好地显示 DECK 面对象，点击**设置显示选项**  按钮，当弹出对话框后，勾选**对象填充**和**应用到所有窗口**选项如图 22 所示。
- G. 点击确定，当前模型将如图 23 所示。

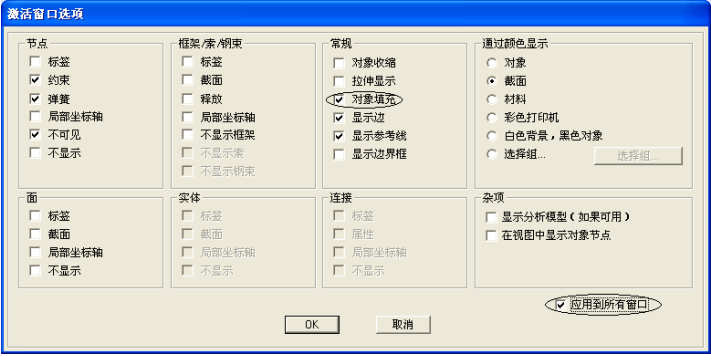


图 22 活动窗口的显示选择对话框

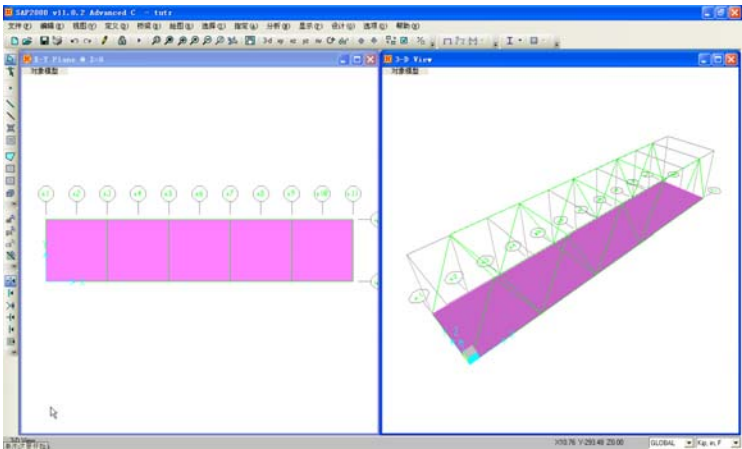


图 23 面对象绘制完成后的模型显示

剖分面对象

确认 X-Y 平面在 Z=0 视图是激活状态。剖分面对象的步骤同剖分框架。

- A. 右键单击面对象的任意位置——面信息对话框如图 24 所示。
- B. 在面信息对话框上，点击指定项。
- C. 在面自动剖分编辑栏内双击，显示图 25 所示的指定面自动剖分对话框。
- D. 选择基于面周边线上点剖分面选项。
- E. 检查已勾选剖分组中直线与面周边交点复选框。

代表混凝土板的面对象是以一个对象进行绘制的，需将其剖分为多个分析单元，这样才能保证弦杆与面对象通过节点进行连接。剖分不同于分割，前者并不创建一个新对象。如果使用编辑 菜单>编辑面>分割面命令，将会创建新的对象。

- F. 点击确定按钮，然后点击 Object Model—面信息对话框确定，完成面对象剖分。



### 第四步 施加约束

在这一步中，将定义桁架桥的支座。确认 X-Y 平面在 Z=0 视图是激活状态，并且程序处于选择模式。

- A. 点击桁架两底弦杆的右端点。
- B. 点击**指定 菜单>节点>约束** 命令弹出节点支座对话框，如图 26 所示。
- C. 点击**滚动支座**按钮 ，指定这两个节点 3 轴平移约束，点击**确定**确认指定。
- D. 点击模型两底弦杆的左端点。截面左下角将显示“两个节点被选中”。
- E. 点击**指定 菜单>节点>约束**命令，弹出节点支座对话框。
- F. 点击**铰接**按钮 ，来指定这两个节点在 1、2 和 3 轴平移约束，点击**确定**来确认修改。
- G. 点击**文件 菜单>保存**命令，或点击**保存**  按钮，来保存用户模型。

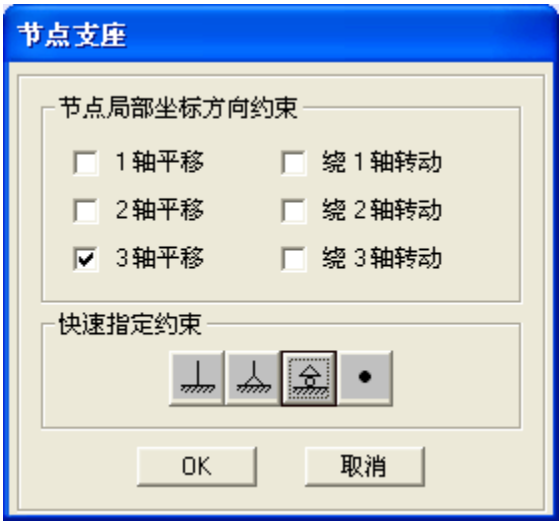


图 26 节点约束表

# 第五步 定义荷载模式

本教程中应用的静力荷载模式为重力方向上的恒载和活载。

此例中，假设恒载包括桥梁自重和混凝土板上 10 psf 的附加荷载，活荷载为 100 psf 的面荷载。

- A. 点击**定义 菜单>荷载模式** 命令，将弹出如图 27 所示的定义荷载模式对话框。注意这里只有一种默认的荷载模式，即包括自重在内的恒荷载（DEAD）。

注意，默认荷载模式中的自重乘子为 1，即该荷载模式中将自动包括全部对象 1.0 倍的自重。

在 SAP2000 中，荷载模式和荷载工况同时存在，并且它们可以不同。当定义某种荷载模式时，程序将会自动生成相应的荷载工况，并且分析运行过程中可以查看该荷载工况。

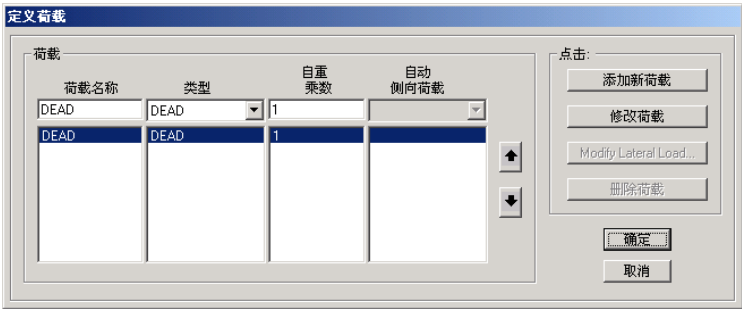


图 27 定义荷载对话框

- B. 点击荷载模式名称编辑窗口。键入新的荷载模式名称 **LIVE**，从类型下拉菜单中选择 **LIVE**。确认自重系数为 0。点击**添加新荷载模式**，将活荷载添加到荷载列表中。

定义荷载模式对话框此时如图 28 所示，点击**确定**按钮，接受对静荷载模式所作的修改。

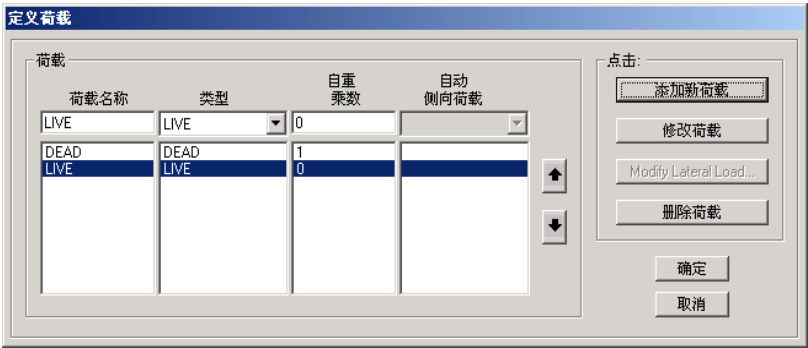


图 28 定义荷载模式对话框

C. 点击**指定>清除指定显示**命令，清除节点支座的标识。

第六步 指定重力荷载

在这一步中，将使用两种程序在模型中施加恒荷载和活荷载，这两种程序之间有细微差别。确认 X-Y 平面在 Z=0 视图是激活状态，并且程序处于选择模式。


- A. 点击面对对象的任意位置选择板，这时状态栏中左下角将显示“1 个面对象,4 条边被选中”。如果在选择中出错，可以点击**清除选项**  按钮进行重选。
- B. 点击**指定 菜单>面荷载>均匀(壳)**命令。将弹出面对象均匀荷载对话框。在荷载模式下拉菜单中选择 *DEAD*，如图 29 所示。单击 **+** 按钮将显示定义荷载模式对话框，从而可以添加或者修改荷载工况。




图 29 面均布荷载对话框

1. 在单位下拉菜单中选择 *lb-ft*。
  2. 在均布面荷载中键入 10。特别注意，*重力*荷载方向是 Z 轴的负方向。
  3. 点击**确定**。
- C. 右键单击面对象的任意位置，显示对象模型——面信息对话框。选择荷载项。
- D. 在力/面积编辑框内双击，显示面均布荷载对话框。从荷载模式名称下拉列表中选择 *LIVE*。
1. 在单位下拉菜单中选择 *lb-ft*。
  2. 在均布面荷载编辑框中键入 100。
  3. 点击**确定**。
- E. 在对象模型——面信息对话框点击**确定**按钮。
- F. 点击**指定 菜单>清除指定显示**命令，清除所显示的指定荷载。

## 第七步 指定面刚度修正

在这一步中，将修改面对象的膜性质，以避免面对象充当桁架下弦的翼缘。确认 X-Y 平面在 Z=0 视图是激活状态，并且程序处于选择模式。

- A. 点击面对象上的任意位置选择板，或者点击**选择 菜单>获取上一次选择**命令，或点击**获取上一次选择**按钮 。这些操作都可以选中板对象。
- B. 点击**指定 菜单>面>面刚度修正**命令，弹出如图 30 所示的属性/刚度修正系数对话框。

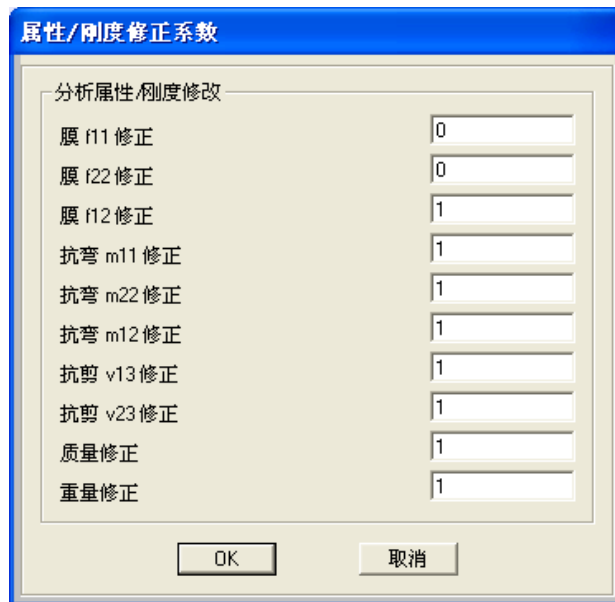


图 30 属性/刚度修正系数对话框

1. 在膜 f11 修正框中键入 0。


2. 在膜 f22 修正框中键入 0。

这些设置将避免板对象承受平面内轴力。

3. 点击**确定**按钮确认修改。


C. 点击**指定 菜单>清除指定显示**命令，显示刚度修正。

D. 通过点击窗口内的任意一点激活 3-D 视图，并且点击**视图菜单>显示轴网**命令。这将关闭 3-D 视图中的网格线，使其变得更加清晰。

E. 点击**文件 菜单>保存**命令，或点击**保存**  按钮，保存模型。

## 第八步 运行分析

在这一步中，将查看分析模型并运行分析。

A. 点击**设置显示选项**  按钮，弹出对话框后，勾选**显示分析模型（如果可用）**选项，如图 31 所示。

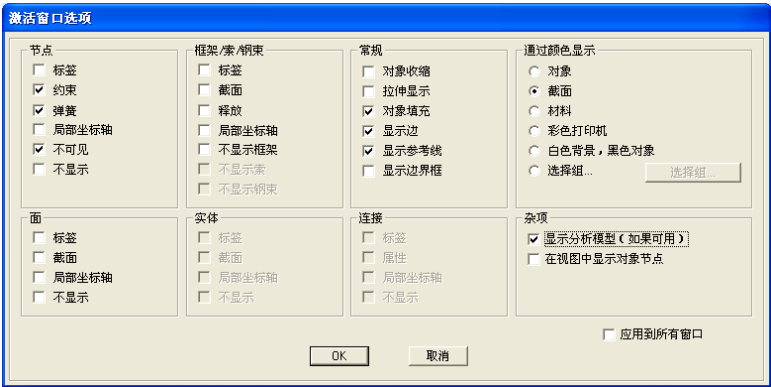



图 31 激活窗口选项对话框

- B. 点击**确定**按钮，接受显示设置。
- C. 如果模型以前没有分析过，会显示如图 32 所示的信息。



图 32 分析模型信息

- D. 点击**是**按钮以显示分析模型。注意三维视图中的标题栏现显示为分析模型。检查一下单元信息是否有误。
- E. 点击**分析 菜单>运行分析**命令，或**运行分析**按钮 ，将弹出如图 33 所示的设置运行的荷载工况对话框。

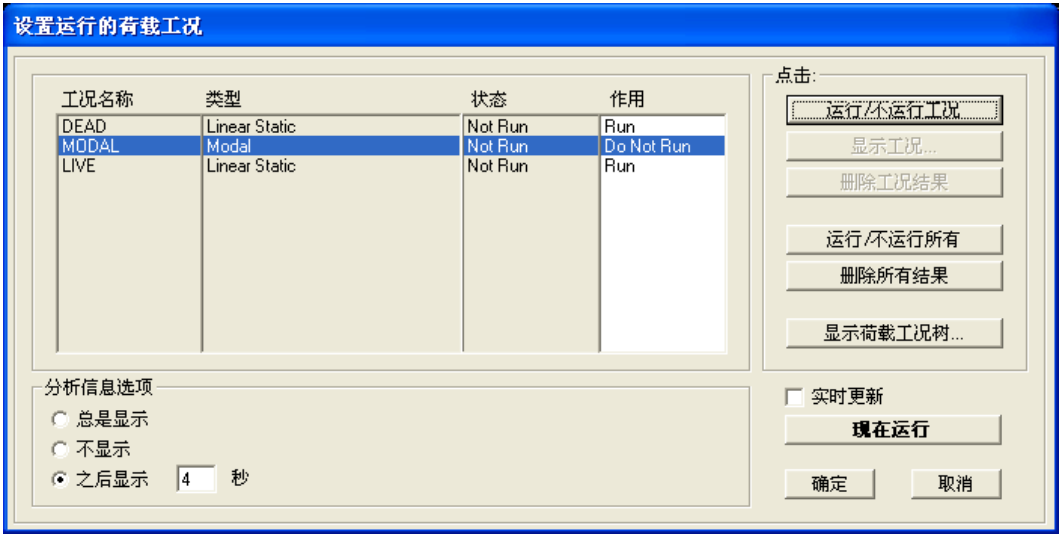



图 33 设置运行的荷载工况对话框

注意，虽然没有定义动力函数，但是程序已根据前面定义的荷载模式，以及程序运行时可能需要模态分析的假设，自动定义了三种不同的荷载工况：DEAD，MODAL 和 LIVE。



- 1. 从工况名框中选择 *MODAL* 。
- 2. 点击**运行/不运行工况**按钮，选择不运行，因为我们想运行的只是静力分析。
- 3. 点击**现在运行**按钮。

程序将基于用户建立的基本模型生成分析模型，并显示分析窗口。运行分析时，窗口中将滚动显示分析数据，这些信息可以在随后点击**文件 菜单>显示输入/日志文件**命令，选择带有.LOG 后缀的文件来访问。

- F. 当分析完成后，显示“**分析完成**”信息。点击**确定**来关闭分析窗口。程序将自动显示模型变形图，并且锁定模型。通过**锁住/解锁**按钮可以使模型在锁与解锁之间切换。当模型被解锁后，所有分析结果都将被删除。

## 第九步 图形显示分析结果

此步骤中，将以图形方式显示分析结果。

- A. 确定 X-Y 平面 @ Z=0 视图处于激活状态。然后点击 **XZ 视图**  按钮，将视图设置为立面视图。
- B. 点击**显示>力/应力>框架/索/钢束**按钮 ，或者**显示 菜单>显示力/应力>框架/索/钢束**命令以激活框架单元内力图对话框，如图 34 所示。

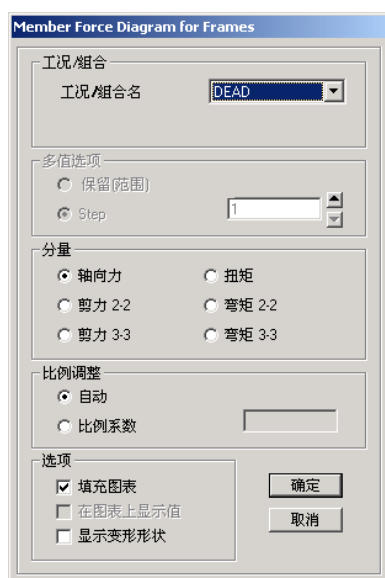


图 34 框架单元内力图对话框

1. 在工况/组合下拉框中选 *DEAD*。
2. 选定 *轴力* 选项。
3. 在比例调整栏选择 *自动* 选项。
4. 选定 *填充表格* 选项。
5. 点击**确定**按钮，生成轴力图，如图 35 所示。

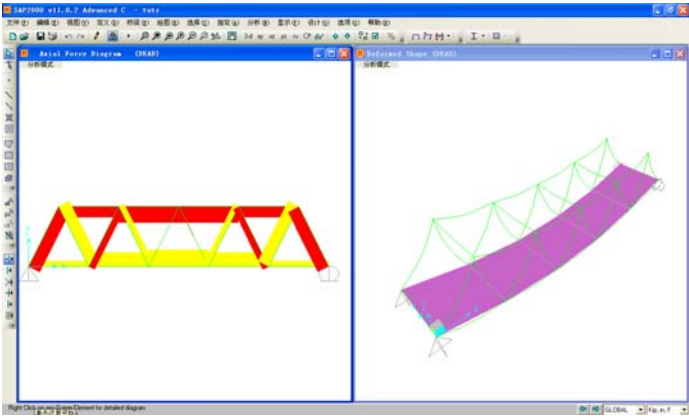


图 35 立面视图中的轴力对话框

C. 右键点击 X-Z 视图中的上弦杆单元以激活框架对象对话框，如图 36 所示。

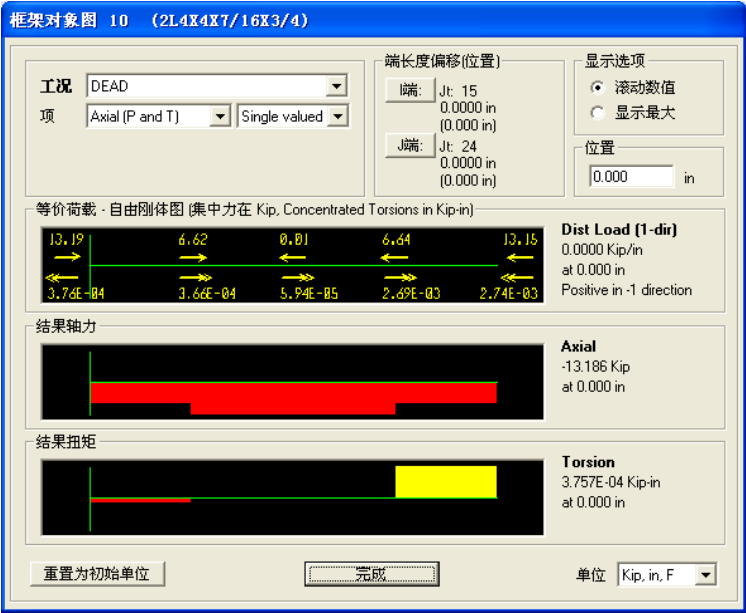



图 36 在图 35 所示的立面图中，右键点击桁架上弦杆得到的内力详图

注意：尽管程序在分析中自动将框架对象剖分成了更小的单元，但就像整个上弦对象是以一个整体画出的一样，程序显示的也是整个上弦对象。

1. 点击**滚动数值**选项，在该对话框下部将出现一个滚动条。按住鼠标左键拖动滚动条，可以看到框架的不同位置上的内力值。
  2. 点击**确定**按钮以关闭该对话框。
- D. 确认 X-Z 视图处于激活状态，然后点击**显示 菜单>显示变形形状**命令或 **显示变形形状**  按钮，以激活变形形状，如图 37 所示。
1. 在工况/组合名称下拉框中选择 *LIVE*。
  2. 选中三次曲线选项。
  3. 点击**确定**按钮，生成如图 38 所示的变形后的形状。

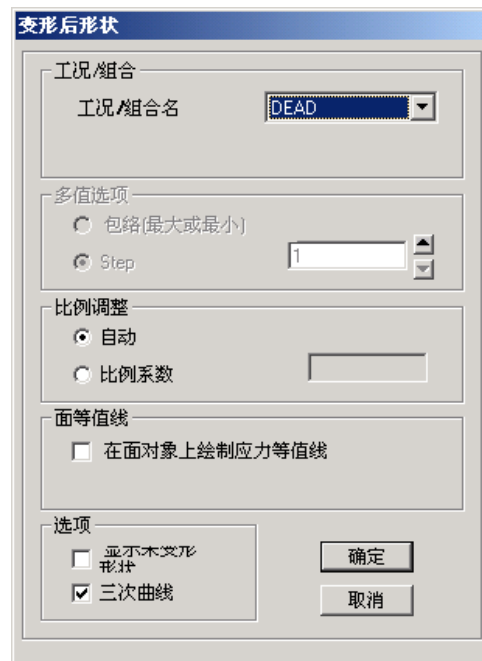


图 37 变形后形状对话框

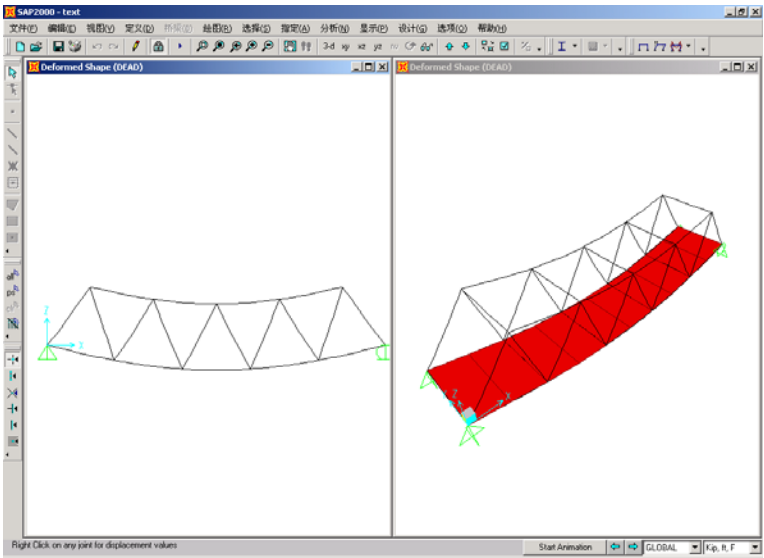


图 38 立面视图中的变形后形状

E. 右键点击图 38 中上弦对象的中点，可显示节点位移结果，如图 39 所示。

节点位移					
节点对象	20	节点单元	20		
	1		2	3	
Trans	0.02512		-1.095E-05	-0.12183	
Rotn	9.970E-05		0.00000	0.00000	

图 39 在图 38 所示的立面视图中，右键点击某节点得到的节点位移

注意：局部坐标系 3 轴是全局坐标系 Z 轴正向。

F. 关闭节点位移对话框。


# 第十步 设计钢框架对象

此步中，将对桁架桥的钢框架对象进行设计。注意：在完成如下过程之前，需要先进行分析。

- A. 点击**设计 菜单>钢框架设计>查看/修改首选项**命令，将出现图 40 所示的钢框架设计首选项对话框。



图 40 钢框架设计首选项对话框

1. 点击设计规范编辑框，可以看到可选的设计规范。选择 *AISC-LRFD99* 规范。另外一些新规范（如 *AISC360 05/IBC2006* 等）也可以选择，只是在此例题中没有用到。推荐用户通过**设计 菜单>钢框架设计>查看/修改首选项**命令来查看这些规范选项。
  2. 检查其它编辑框的信息，并点击**确定**以接受所作的选定。
- B. 点击**设计 菜单>钢框架设计>开始结构设计/校核** 命令或**开始钢结构设计/校核**  按钮，开始钢框架设计。程序从 TRUSS 自动选择截面列表中选出最优的截面尺寸来进行设计。

设计完成后，选定的截面尺寸将显示在模型上。如图 41 所示。

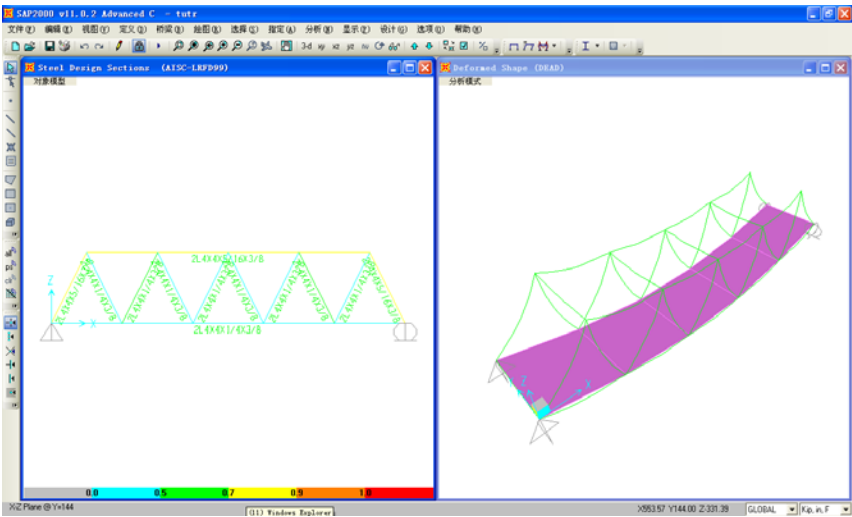


图 41 钢框架设计后模型

- C. 点击**设计 菜单>钢框架设计>校核分析与设计截面**命令，将出现如图 42 所示的信息。点击**否**按钮关闭该对话框。

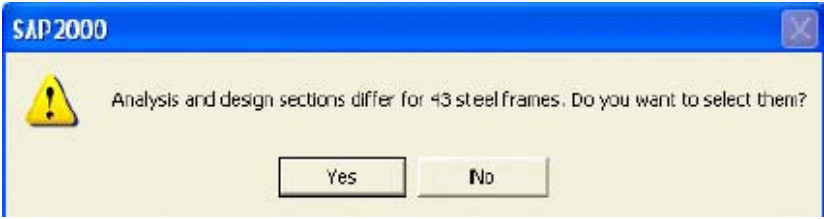


图 42 分析截面和设计截面对比

在初步分析（第八步）中，程序采用了 **TRUSS** 自动选择截面列表中的中等重量的截面。在设计（本步）中，程序从 **TRUSS** 中的自动选择构件列表选择其它优化截面。程序仅迭代一次。由于构件尺寸出现在模型中，原有的分析结果失效，需要重新运行分析。

选择不同截面的目标是重复分析和设计过程，直至分析截面和设计截面全部相同。注意：当对桥梁再次进行分析时，**SAP2000** 将用当前设计截面（即第 10 步中采用的截面）作为下一次分析所用截面。

- D. 右键单击图 41 中 **X-Z** 视图的一个桁架上弦杆，将显示钢应力检查信息对话框，如图 43 所示。注意所得的分析截面和设计截面是不同的。

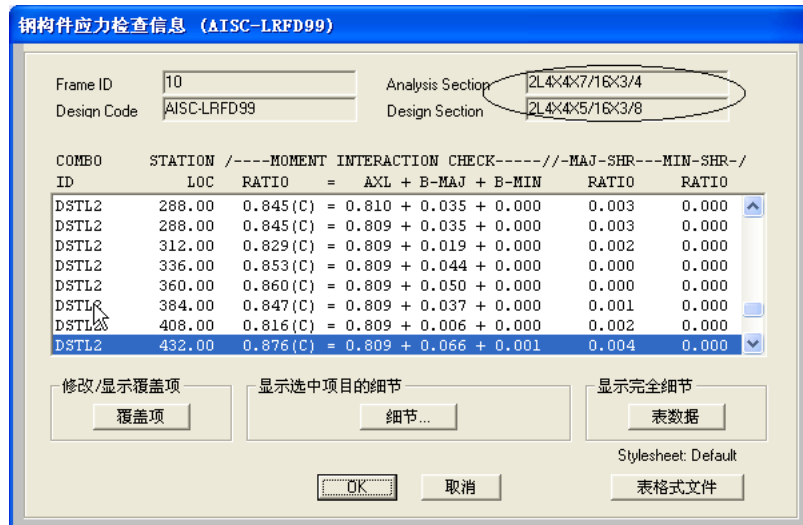


图 43 钢框架应力检查对话框

对话框中列出了每种荷载组合下框架对象上不同位置的设计应力比。注意，在钢框架设计中，程序自动生成规范指定的荷载组合。

还要注意：尽管程序在分析中自动将框架对象剖分成了更小的单元，就像整个上弦杆是以一个整体画出来的一样，程序是对整个上弦杆进行设计的。

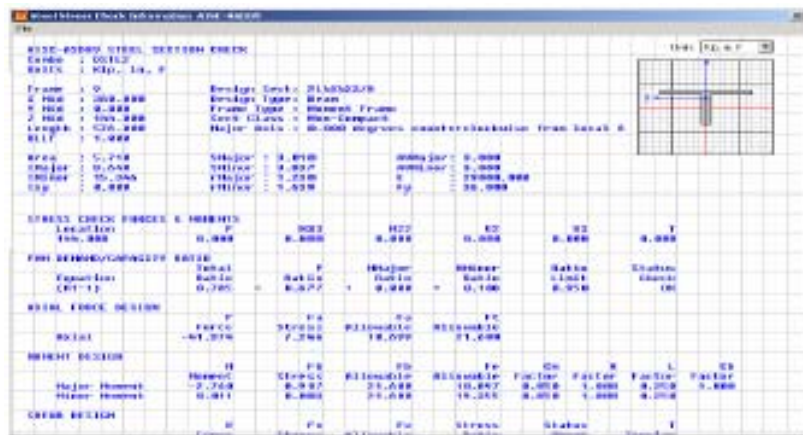


图 44 钢应力 AISC-LRFD99 规范检查信息对话框

点击钢应力检查信息对话框中的**细节**按钮，将出现钢应力 AISC-LRFD99 规范检查信息对话框，如图 44 所示。利用对话框中的文件菜单命令打印该对话框的信息。

点击钢应力 AISC- LRFD99 规范检查信息对话框右上角的关闭按钮 **X**，关闭该对话框。再点击**取消**以关闭钢应力检查信息对话框。



- E. 点击**分析 菜单>运行分析** 命令或 **运行分析**  按钮，然后点击设置分析运行工况对话框上的**立即运行**按钮，再次对新分析截面进行分析。
- F. 分析完成后，点击**确定**关闭分析窗口。点击 **设计 菜单>钢框架设计>开始结构设计/校核** 命令或 **开始钢结构设计/校核**  按钮，开始钢框架设计过程。
- G. 设计完成后，点击**设计 菜单>钢框架设计>校核分析和设计截面**命令，将出现图 45 所示的类似信息。



图 45 分析和设计截面对比信息

图 45 的信息表明了与设计截面不同的分析截面的个数。如果截面不同，点击**否**按钮（如果相同，点击**确定**），关闭该对话框。


重复 E 到 G 的过程，直到收到所有分析和设计截面都相同的信息。这将需要进行很多次迭代，具体次数依赖于模型的复杂程度。

- H. 分析截面和设计截面都相同后，点击**设计>钢框架设计>校核所有通过的构件**命令，将出现类似于图 46 的对话框，表明所有单元都已通过检查。



图 46 应力/承载力检查信息

注意：此阶段若出现未通过检查的单元，说明这些单元的自动选择列表的截面承载力不足。程序已经采用了自动选择列表中最大的截面进行分析和设计，所以出现单元未通过检查的信息表明自动选择列表需要修改。在这种情况下，要么增加自动选择列表中截面的数量，要么给未通过检查的单元指定更大的截面，然后重新进行分析和设计。

- I. 点击**确定**关闭该对话框。
- J. 点击**文件>保存**命令，或**保存**  按钮，保存用户模型。

至此，SAP2000 V14 的简介教程全部结束。