

## SPC 的使用说明

SPC是“截面特性值计算器—SectionalPropertyCalculator”的缩写。

➤ 以往的程序只能以Line或Plane一种形式来模拟截面形状，在SPC中用户可以根据需要任意选定Plane形式的截面或Line形式的截面来模拟截面形状。

➤

- **Plane形式的截面**

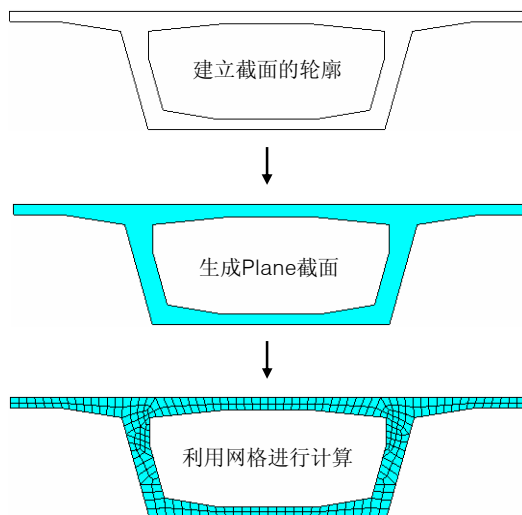
- 画完轮廓之后，在**Generate**里选择**PlaneType**，程序会按照轮廓所指定的Plane范围自动生成截面。计算截面特性值时，程序会通过网格自动生成功能在截面的Plane范围内生成网格之后，利用该网格计算各特性值。计算抗扭刚度时，首先利用有限元方法计算Prandtl的应力函数，通过对应力函数进行积分计算抗扭刚度。

- 

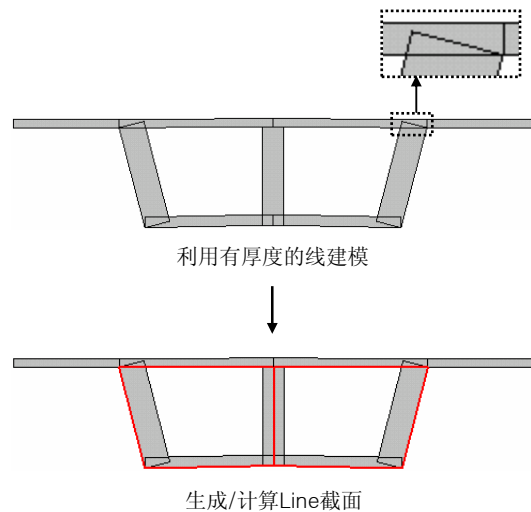
- **Line形式的截面**

- 对于薄壁截面，可先指定线的厚度画出截面形状之后，在**Generate**里选择**LineType**生成截面。显示**LineType**的线必须有厚度，因为程序是利用此厚度计算截面特性的。Line截面的抗扭刚度是根据剪力流(ShearFlow)计算的。

- 



<图1-(1)>生成Plane截面的过程



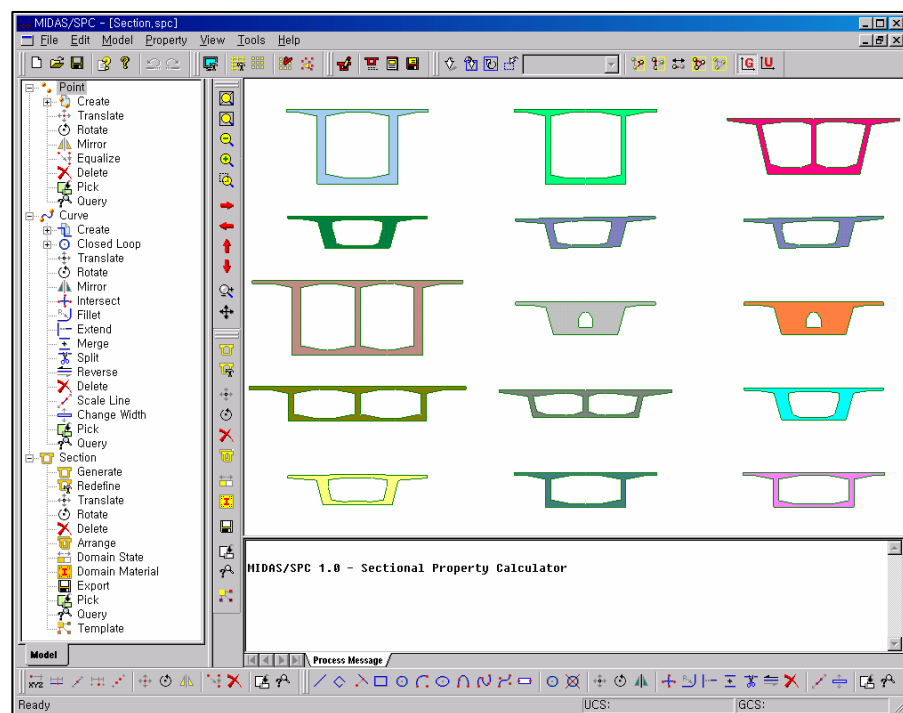
<图1-(2)>生成Line截面的过程

### ※ 注意事项

- MIDAS/Civil和Gen数据库中提供的规则截面的抗扭刚度计算方法参见附录一。
- 对于MIDAS/Civil和Gen数据库中提供的规则截面，利用MIDAS/Civil、Gen的截面特性计算功能计

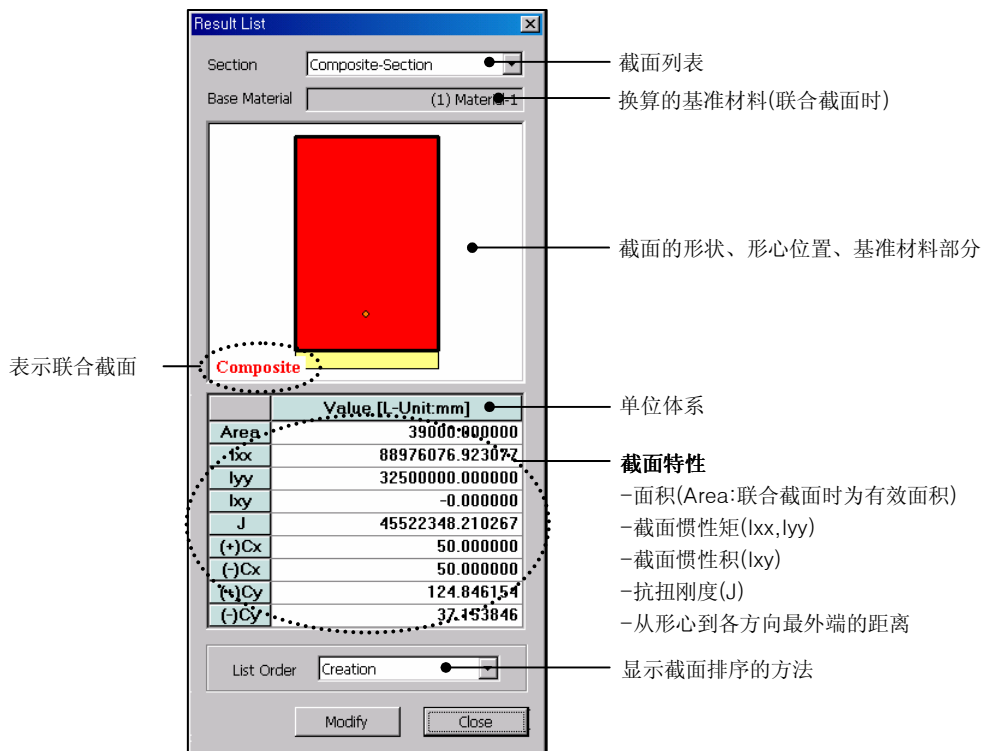
算截面特性值比SPC更好一些。

- MIDAS/Civil和Gen数据库中提供的PSC截面，当用户输入的截面属于薄壁型截面时，应使用本截面特性值中的Line方式重新计算抗扭刚度，然后在截面特性值增减系数中对抗扭刚度进行调整。
- 对于Plane形式的截面，程序是通过有限元法来近似计算抗扭刚度的。在抗扭问题里使用的近似求解法有Ritz法(或者Galerkin法)、Trefftz法，所有的近似求解都与实际结果多少有点误差，其特征如下：
$$J_{Ritz} \leq J_{Exact} \leq J_{Trefftz}$$
- 像SPC一样利用有限元法近似地计算抗扭刚度时，通常使用Ritz法,故其计算结果有可能比实际的抗扭刚度小。用户可通过加大网格划分密度方法来提高结果的精确度。
- 对于Line形式的截面,如薄壁截面，线的厚度很薄时几乎可以准确地计算其抗扭刚度。但是如果是闭合截面（无开口截面），这种计算方式会导致其抗扭刚度的计算结果随着线厚度的增加而变小，所以对于不是薄壁截面的闭合截面应尽量避免使用Line的方式计算截面特性。
- 在SPC中对薄壁闭合截面，对闭合部分一定要使用model>closedloop>Register指定闭合。
- SPC可以在一个窗口里任意的建立很多个截面，并分别进行分析，且可根据名称、位置、截面特性值等可以很方便地对截面进行搜索及排列。



<图2>将DXF文件中的截面形状导入后，生成截面并进行排列

➤ SPC计算的截面特性值如下：



&lt;图3&gt;输出截面特性对话框



- 在SPC里建立的截面可以通过以下文件形式输出。

- **MIDAS/Civil[Gen]的MCT[MGT]文件**

此时无法导出具体的截面形状，而是按MIDAS/Civil[Gen]截面数据库中的“数值”形式建立一个正方形，其边长为截面有效面积的平方根。另外，SPC不提供截面的周长、剪切面积、剪切系数的计算结果，这些值均按0处理。

- **AutoCADDXF文件**

- 在SPC里建立的截面形状可以输出DXF格式的文件。在截面的形心位置会自动生成点。

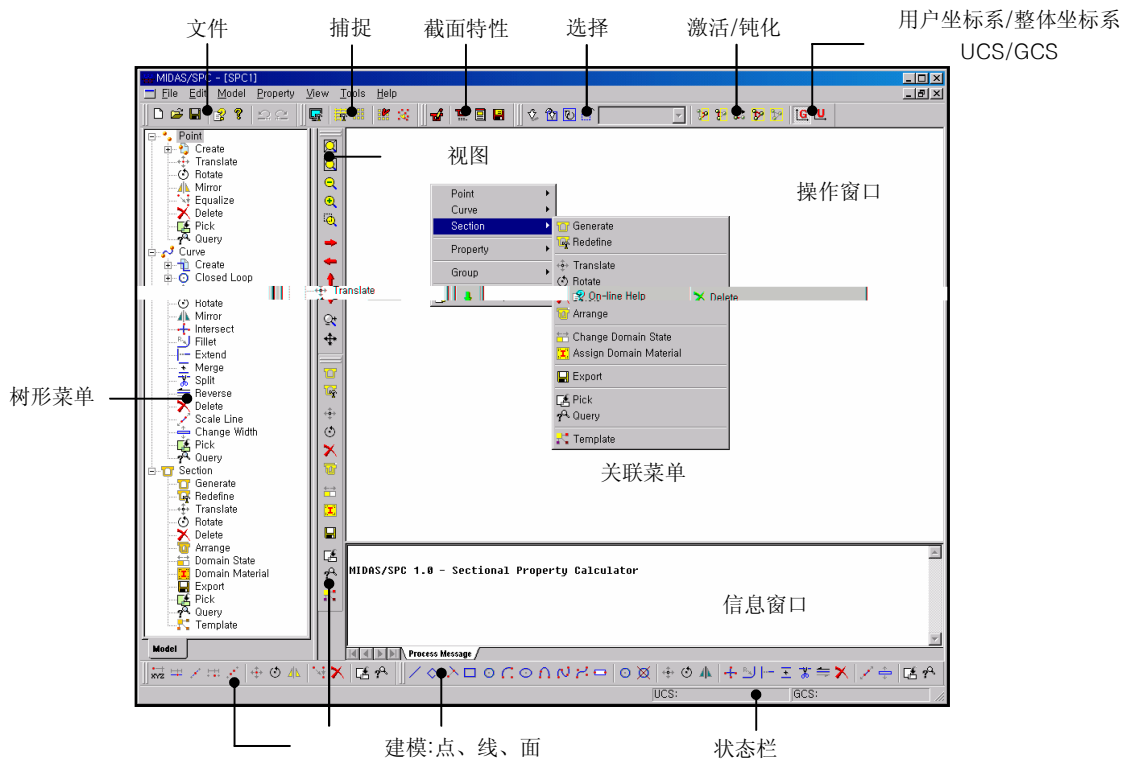
- **文本文件**

- 各种截面特性值在文本文件里以表格形式输出。除输出SPC所计算的截面特性以外，还输出截面抵抗矩(SectionModulus: $Z=I/c$ )。

•

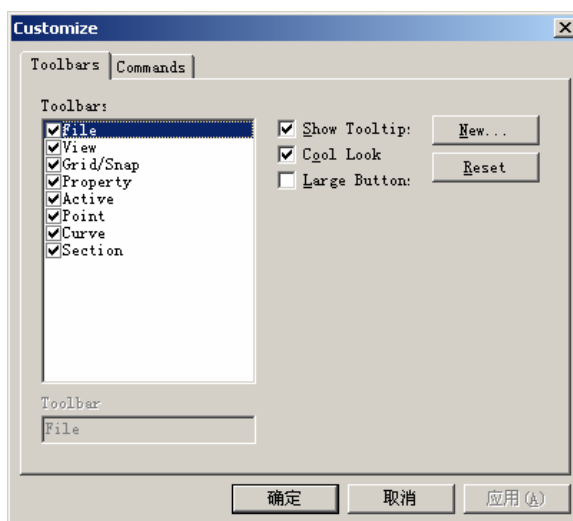
- SPC的建模窗口为x-y平面,构件的纵向为z轴。由SPC输出的MIDAS/Civil(Gen)的MCT(MGT)文件中，程序会自动转换坐标轴。但是当用户在MIDAS/Civil(Gen)中手工直接输入利用SPC计算的截面特性值时，应注意相对应的坐标轴。

## 操作环境




<图4>SPC的程序的画面构成

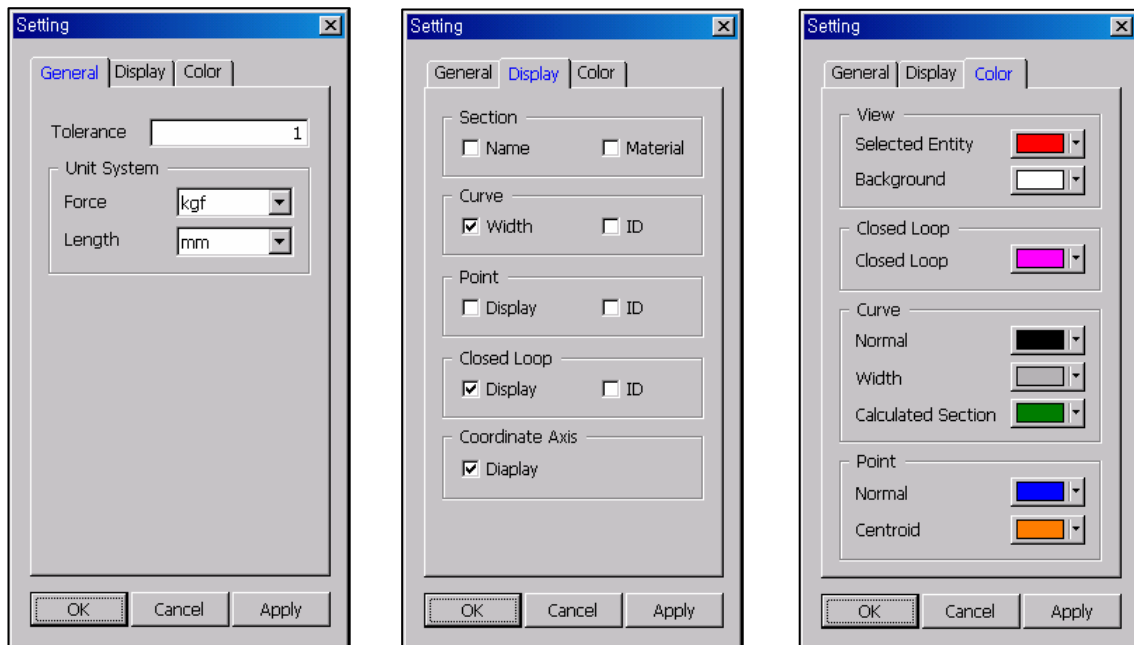
SPC所提供的各种工具条可以通过**Tools>Customize**来设定是否显示,并利用鼠标的拖放功能方便地设定其位置。



<图5>设定工具条的对话框

在树形菜单、工具条、关联菜单里提供了所有与SPC的建模及截面计算相关的功能，用户可以很方便地调出各项功能来进行建模和计算。

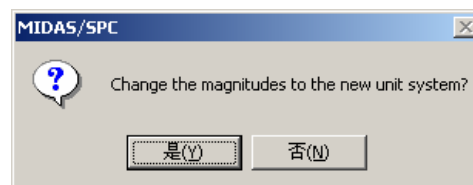
设定单位体系、显示/隐藏模型信息、设定颜色等可在工具条里点击( *Setting*) 或者在 **Tools>Setting** 进行设定。



<图6>Setting对话框

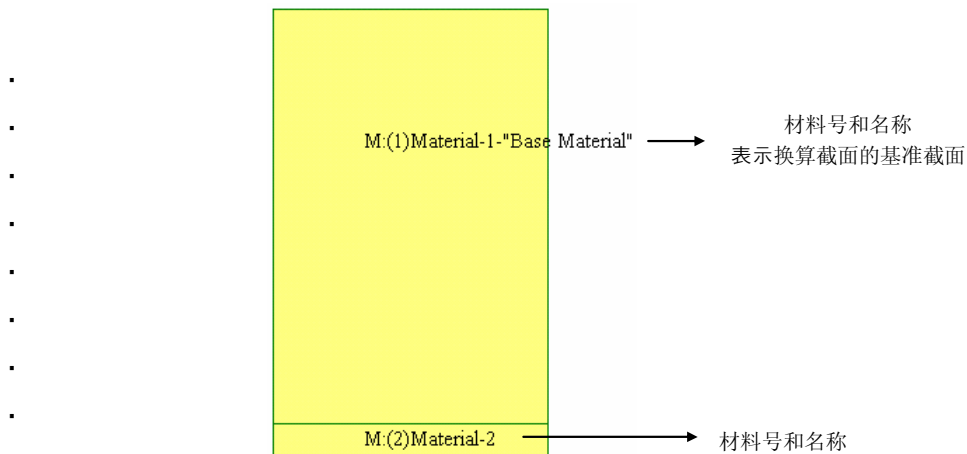
### ➤ General

- **Tolerance**
- 在这里指定容许误差。一般情况下，程序会根据设定的单位体系自动进行合理的调整。
- **UnitSystem**
- 在这里指定单位体系。如果更改单位体系，会出现如下的对话框,如点击“是(Y)”，所有的数据会按照指定的单位体系而自动的进行换算、更改。



### ➤ Display

- **Section**
- **-Name:**在操作窗口中显示截面名称。
- **-Material:**对于联合截面来说，显示各部分指定的材料。



<图7>联合截面的各部分输出的材料信息

- **Curve**

- -**Width**:表示线的厚度。
- -**ID**:在操作窗口中显示线的编号。

- **Point**

- -**Display**:在操作窗口中显示点。
- -**ID**:在操作窗口中显示点的编号。

- **ClosedLoop**

- -**Display**:在操作窗口中显示封闭曲线。
- -**ID**:在操作窗口中显示封闭曲线的编号。

- **CoordinateAxis**

- -**Display**:在操作窗口中显示当前坐标系的坐标轴。

➤ **Color**

- **View**

- -**SelectedEntity**:指定被选择个体的颜色。
- -**Background**:指定操作窗口的背景颜色。

- **ClosedLoop**

- 指定封闭曲线的颜色。







- **Curve**

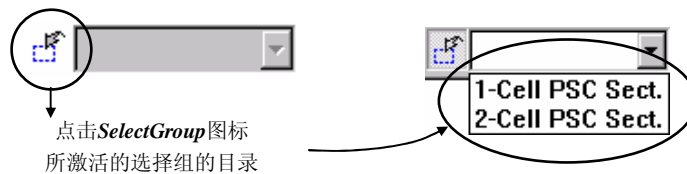
- -**Normal**:指定线的颜色。对于有厚度的线指定的是线外轮廓的颜色。
- -**Width**:指定有厚度的线的厚度部分的颜色。
- -**CalculatedSection**
- 指定完成截面计算后所构成的线的颜色。
- 通过此颜色可以一目了然的区别已进行截面计算的截面和未进行计算的截面。

- **Point**

- **-Normal:**指定点的颜色。
- **-Centroid**
- 如进行截面计算，程序会自动在各截面的形心处生成点。此功能用于指定该点的颜色。

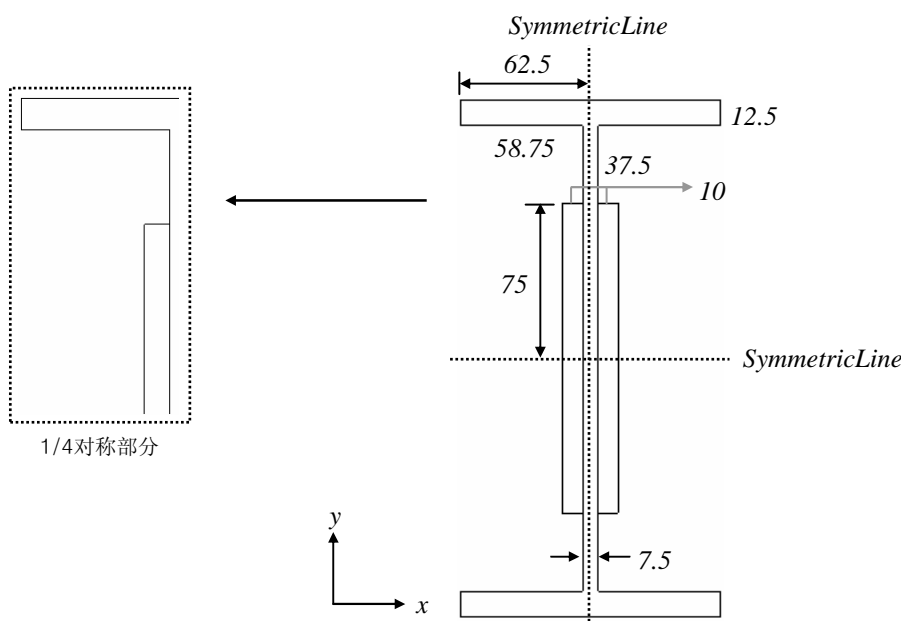
SPC具有以下选择功能：

- **Select** 
- 对个体进行**选择**或**解除选择**。
- 可以通过点击一个对象进行选择；若对多个对象进行选择，可以按住[Ctrl]键逐个点击对象进行选择或者是通过移动鼠标进行选择——在鼠标所设定的四边形的对角线的范围内的全部个体或部分个体会被选择。
- 如若再次点击已被选中的个体，则其将被解除选择。
- **PreviousSelection** 
- 选择之前选过的个体。
- **NewcomerSelection** 
- 选择最新建立的个体。
- **SelectGroup**  
- 选择在组目录中指定的组所包含的个体。点击**SelectGroup**图标对其激活后，在组目录中选择所要指定的组，其所包含的个体皆被选中。



- ☞ 在使用SPC选择功能时，即使通过窗口选择全部个体，也将根据当前所调出的命令(如修改线宽)，只有能适用该命令的个体才能被选中。在当前没有调出任何菜单时可以对全部的个体进行选择。
- ☞ SPC还提供可根据点、线、面各种不同的条件来选择个体的Pick功能。



## 操作例题 - 1




<图8>例题截面

对<图8>所示的截面以Plane截面和Line截面两种方式建模并进行截面计算。

因为截面对x轴和y轴是对称的，所以只要建立左侧上端的1/4部分，然后通过对称复制就可以建立整个截面。

首先，点击工具条的(Setting)图标  在General里将单位设定为kgf、mm，取消Display里的Coordinate Axis的Display选项，然后点击工具条的(ZoomAuto-Fit)图标  使模型在整个建模过程中都可以按操作窗口自动对齐。

例题的截面大小为125×250，可以点击工具里的(GridSetting)图标  将GridSize设为10。

由于SPC的GridSetting里以所指定的栅格间距为基准进行相关的画图、视图功能，所以即使不直接使用栅格捕捉功能，适当地指定其栅格间距会更方便一些。

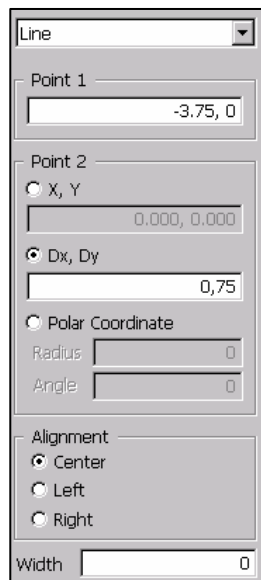
下面绘制Plane截面：

调出Model>Curve>Create>Line菜单，在生成直线对话框(参见图9)里的Point1处输入-3.75,0,选择Dx,Dy选项，输入0,75之后点击Apply按钮。

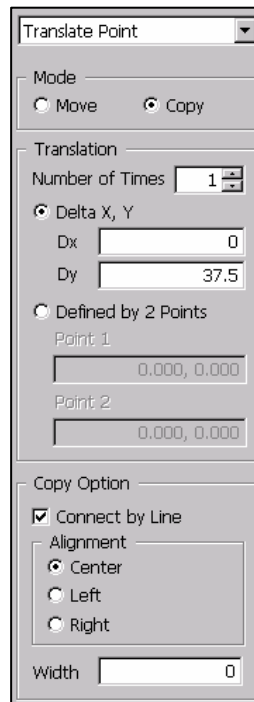
调出Model>Point>Translate菜单，如<图 10-(2)>所示，选择在前面所生成的线的上部端点作为复制点，在<图 10-(1)>的移动复制对话框的Mode中选择Copy，在DeltaX,Y的Dx输入栏里输入0、Dy输入栏里输入37.5，然后选择CopyOption里ConnectbyLine选项之后点击Apply按钮。则该点将被复制，



并连接生成的点和被复制点成直线。



<图9>建立直线对话框




<图10-(1)>  
移动复制点的对话框



<图10-(2)>  
移动复制指定的点

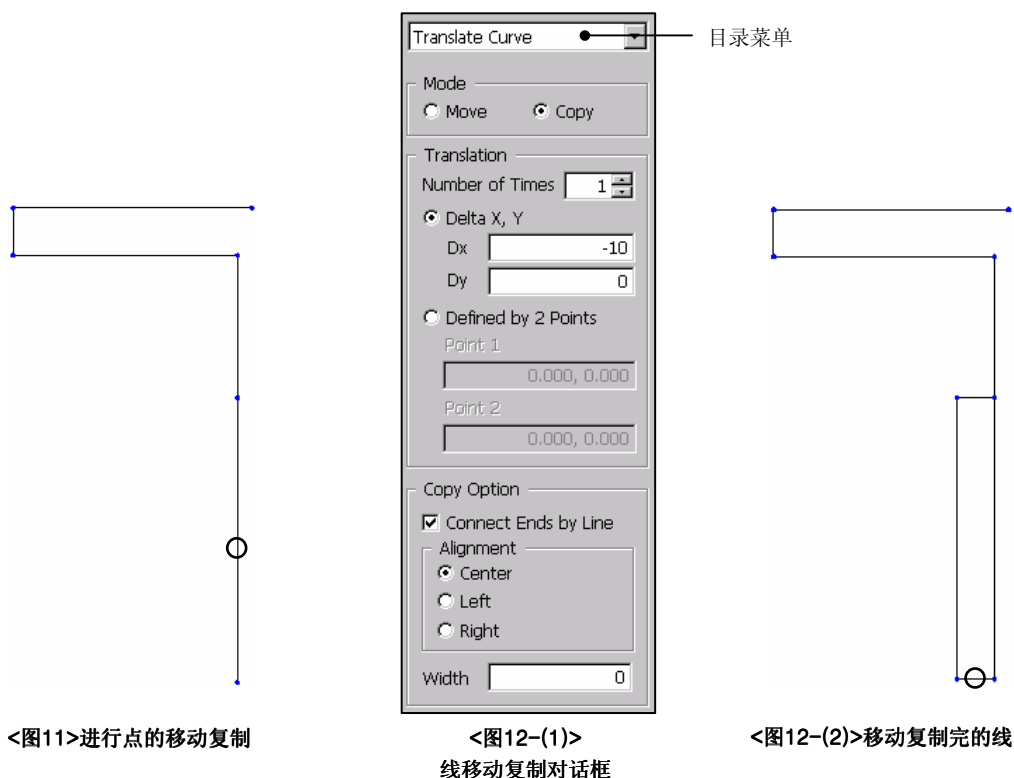
在所有可以建立线的对话框中，都提供可以指定线的厚度和线的对齐方向的功能(**Width**和**Alignment**)功能。构成Line截面的线必须有厚度，而构成Plane截面的线不需要有厚度(用户即使指定了线的厚度，在生成Plane截面之后也会自动忽略线的厚度)。现在是Plane截面，线不需要有厚度，所以其相关的功能无法使用。

继续利用点的移动复制功能生成截面形状。

点击工具条的(NewcomerSelection)图标  选择前面通过移动复制生成的点，在<图10-(1)>的移动复制对话框中的**DeltaX,Y**的**Dx**栏输入-58.75,**Dy**栏输入0之后点击**Apply**按钮。

点击工具条的(NewcomerSelection)图标  选择最新建立的点，在<图10-(1)>的点移动复制对话框里的**DeltaX,Y**的**Dx**栏输入0,**Dy**栏输入12.5之后点击**Apply**按钮。

用同样的方法选择最新建立的点之后,在<图10-(1)>的点移动复制对话框里的**DeltaX,Y**的**Dx**栏输入62.5,**Dy**栏输入0后点击**Apply**按钮就会生成像<图11>一样的轮廓线。



通过将<图11>所示的线向左侧复制来完成需要加厚的部分。

调出**Model>Curve>Translate**菜单,选择<图11>里所示的线作为对象。在<图12-(1)>所示的线移动复制对话框里选择**Mode**里的**Copy**。在**Delta X, Y**的**Dx**栏里输入**-10**, **Dy**栏里输入**0**。然后,选定**Copy Option**里的**Connect Ends by Line**选项之后点击**Apply**按钮。如<图12-(2)>所示,将选定的线通过移动复制生成新的线,然后将两线的末端用直线连接。

由于不需连接两线末端的下端直线,所以将其删除。选择<图12-(1)>所示的菜单目录中的**Delete Curve**,然后选择<图12-(2)>中所示的直线点击**Apply**按钮。

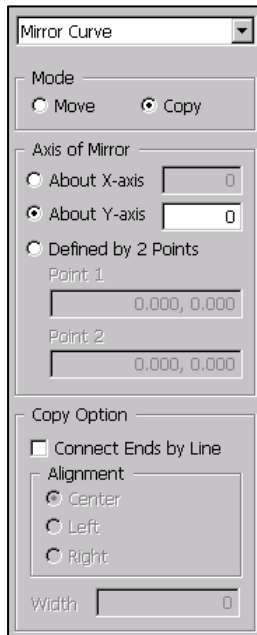
现已建立1/4的对称部分,通过对称复制完成整个截面形状。

在线菜单命令目录中选择**Mirror Curve**。

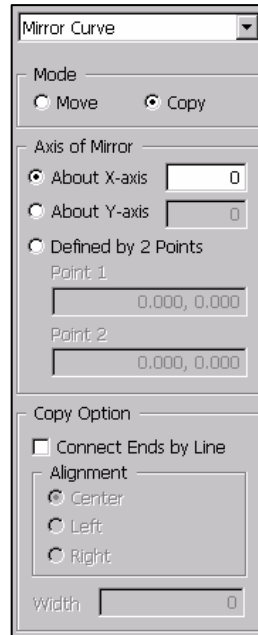
通过窗口选择选定全部的线,在<图13-(1)>所示的线对称复制对话框里选择**Mode**里的**Copy**,将对称复制的基准线设定为y轴(**About Y-axis, 0**),然后点击**Apply**按钮。

通过窗口选择全部的线之后,如<图13-(2)>所示将对称复制的基准线设定为x轴(**About X-axis, 0**),然后点击**Apply**按钮。

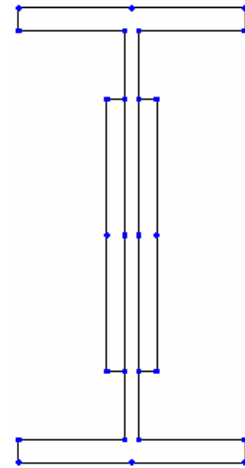
经过两次对称复制,如<图13-(3)>所示建立了全部的截面形状。



<图13-(1)>  
线移动复制对话框

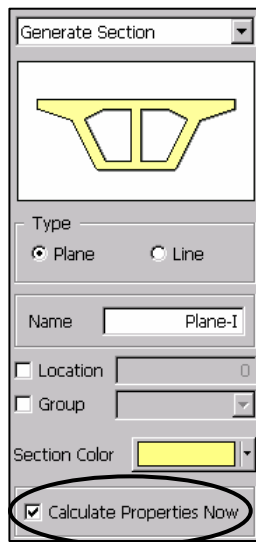


<图13-(2)>  
线移动复制对话框

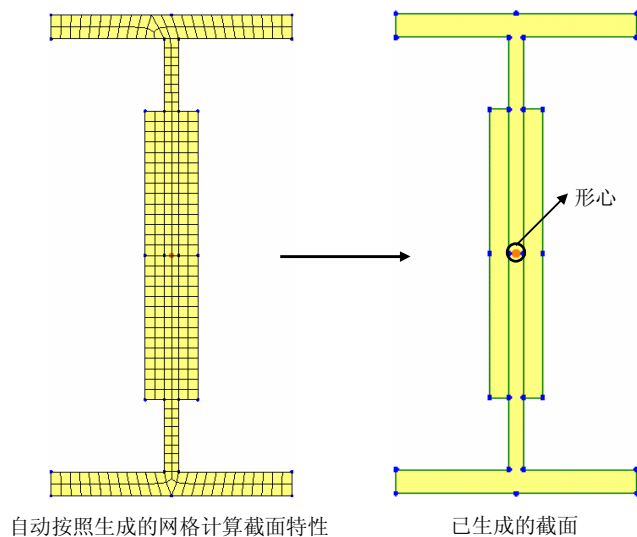


<图13-(3)>完成后的截面形状

现在调出**Model>Section>Generate**菜单，通过建立的轮廓线生成Plane截面。



<图14-(1)>生成截面的对话框



<图14-(2)>Plane截面的生成过程

为了生成截面须选择决定截面形状的线条，可通过窗口选择全部的线条。如<图14-(1)>所示的生成截面的对话框中选择**Type**里的**Plane**，在**Name**里输入**Plane-I**。为了在生成截面的同时计算截面特性需选择**Calculate Properties Now**，然后点击**Apply**按钮。如<图14-(2)>所示在Plane截面里程序会自动计算并生成适当大小的网格后生成各截面的特性值。计算截面特性值后，为方便用户查询形心的位置，程序会自动在形心位置生成点(参见<图14-(2)>)。



☞ 计算截面特性值对话框中的输入、选择功能如下。

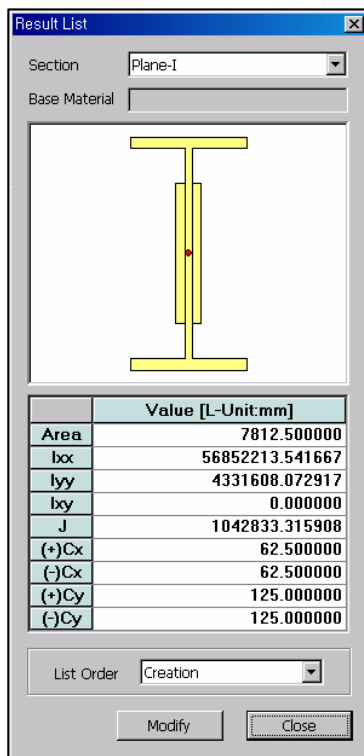
- **Type**
- 截面的形式,指定面(*Plane*)或线(*Line*)。
- **Name**
- 输入截面的名称。可在*RedefineSection*里重新指定。
- **Location**
- 指定截面的位置。在桥梁中经常使用大量的截面,此时可通过*ArrangeSection*,*PickSection*等功能对各截面进行排列、搜索。可在*RedefineSection*里重新指定。
- **Group**
- 指定截面所属的组。可以在组目录里选择,还可以输入新的组的名称建立组后将其包含在组里。
- **SectionColor**
- 选择截面颜色。可在*RedefineSection*里重新指定。
- **CalculatePropertiesNow**
- 在生成截面的同时直接计算截面特性。除了像联合截面生成截面之后需另外计算之外,生成截面时直接计算特性值比较方便。通过调出*Property>Calculate*菜单也可计算截面特性。

☞ 截面形心的绝对坐标随着截面位置的变化而变化,因此没有任何意义,有实际意义的是截面内部的相对坐标。SPC为了让用户可以快速的查询形心的位置,对于已计算了特征值的截面在形心处生成点。调出*Model>Point>Query*菜单,可以方便的查询所要查询的位置到形心的距离。例如要计算从左侧下端到形心的距离就可以利用*QueryPoint*功能先选择左下角的点之后,点击表示形心的点会显示如下所示的窗口信息。

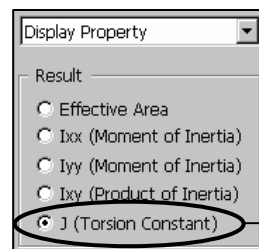


根据*QueryPoint*所输出的信息

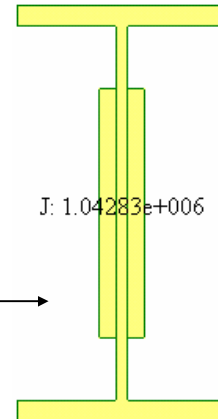
查询截面的各特性时可点击工具条里的(*PropertyList*)图标 , 在截面特性目录对话框里查看, 也可以点击工具的(*DisplayProperty*)图标  在操作窗口中直接输出需要的特性值。而且可以调出*QuerySection*菜单确认通过信息窗口输出的截面特性。





&lt;图15-(1)&gt;截面特性计算结果



&lt;图15-(2)&gt;显示截面特性




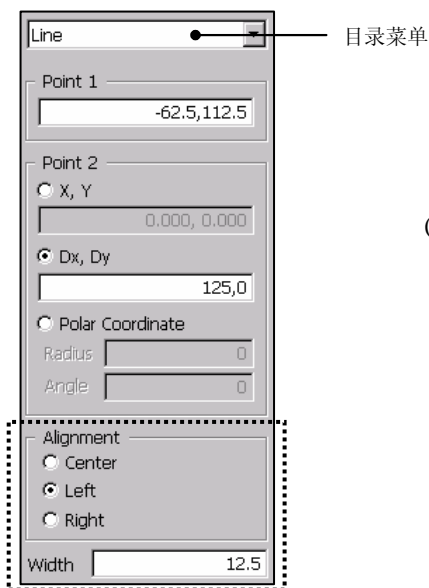
现在我们用Line截面建立同样的截面。

首先点击工具条里的(Select)图标 ，选择已完成的Plane截面**Plane-I**后，点击工具里(Inactivate)图标 ，钝化Plane截面**Plane-I**。

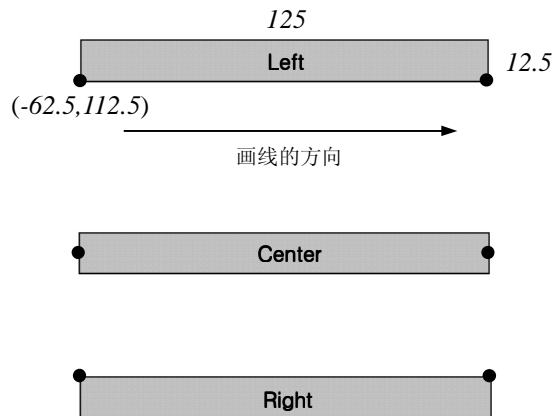
为了生成线须调出**Model>Curve>Create>Line**菜单。

为了建立上端的翼缘部分，在<图16>的生成直线对话框里的**Point1**栏里输入**-62.5,112.5**。点击**Dx**, **Dy**选项输入**125,0**。在线的宽度**Width**内输入翼缘的高**12.5**，线的宽度对齐位置**Alignment**选择**Left**，点击**Apply**按钮。

 线基准位置(线宽度方向)可以沿画线的方向为准设定为中心、左方、右方。在**Change Width**菜单里可以指定线的宽度和对齐位置。



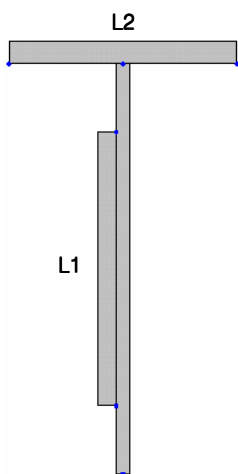
&lt;图16-(1)&gt;生成直线对话框



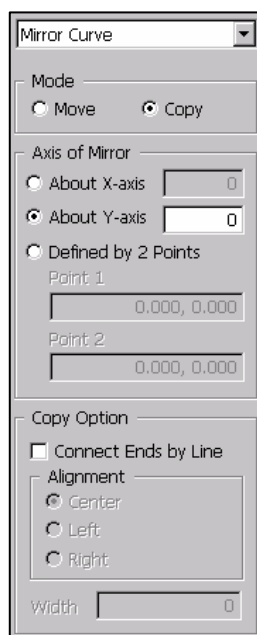
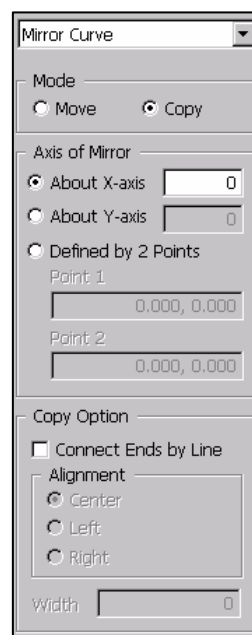
&lt;图16-(2)&gt;随画线的方向而施加的宽度加宽方向

为了继续画构成腹板的线，在<图16-(1)>生成线的对话框的**Point1**栏输入**0,112.5**，**Dx,Dy**栏输入**0,-25**。然后在线的宽度**Width**栏输入腹板宽**7.5**，线宽度的对齐位置**Alignment**选择**Center**，然后点击**Apply**按钮。

然后我们画左侧需加厚的线。在生成线的对话框**Point1**栏输入**-3.75,75**，**Dx,Dy**栏输入**0,-150**，线宽度**Width**输入**10**。线宽度的对齐位置**Alignment**选择**Right**后点击**Apply**按钮(参见<图17>)。



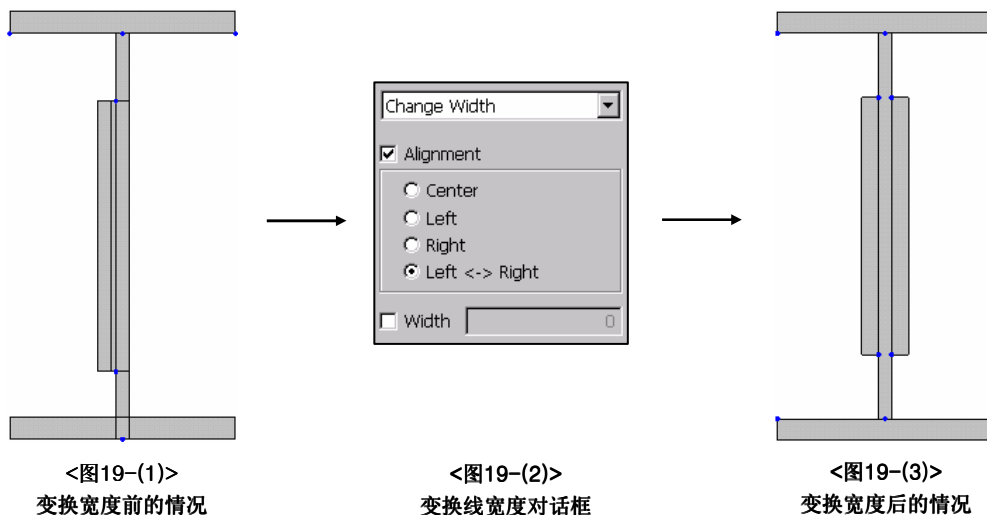
&lt;图17&gt;画完的三条线

<图18-(1)>  
镜像对话框<图18-(2)>  
镜像对话框

将<图17>的L1和L2分别以y轴和x轴对称复制建立整个图形。

在目录菜单里选择**MirrorCurve**。首先选择线L1，在<图18-(1)>的镜像对话框里**Mode**选择**Copy**,将镜像复制的基准线是否设定为y轴(**AboutY-axis,0**)后点击**Apply**按钮。

继续选择线L2后，如<图18-(2)>所示，在镜像对话框中将镜像的基准线设定为x轴(**AboutX-axis,0**)之后点击**Apply**按钮。



通过镜像生成的两条线会像<图19-(1)>一样，故须变换两线的对齐位置。

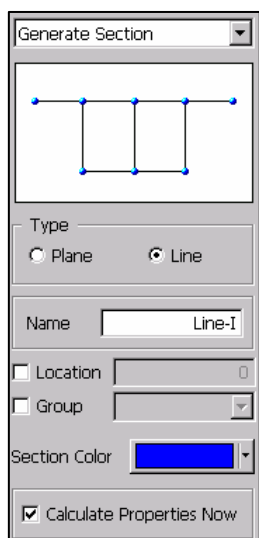
点击命令**ChangeWidth**，选择通过镜像复制生成的两条线。在<图19-(2)>的线的宽度变换对话框里点击**Alignment**，选择**Left<->Right**，点击**Apply**按钮。

最后完成的截面形状如<图19-(3)>所示。

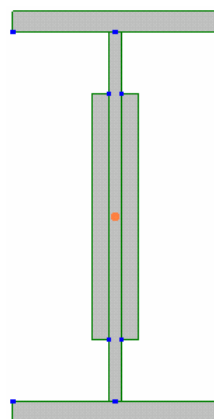
现在调出**Model>Section>Generate**菜单，将建立的以线形式表示的图形生成Line截面。

为了生成截面需选择决定截面形状的线，这里我们通过窗口选择来选择刚刚建立的所有的线。在<图20-(1)>的生成截面的对话框里将**Type**选定为**Line**,**Name**栏输入**Line-I**。为了在生成截面的同时计算截面特性值，需选择**CalculatePropertiesNow**，然后点击**Apply**按钮。


☞ 生成Line截面时，决定此截面形状的所有的线都必须有宽度。



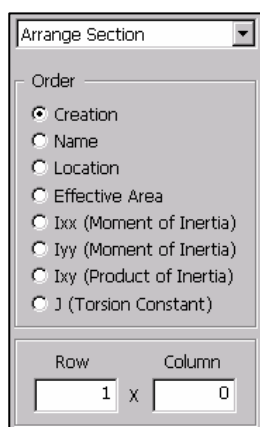
&lt;图20-(1)&gt;生成截面对话框



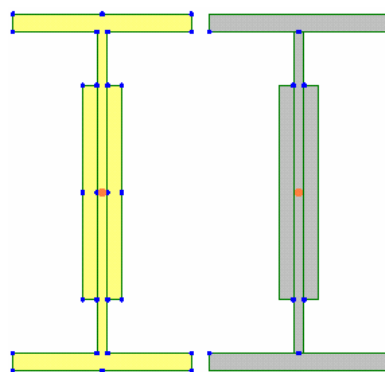
&lt;图20-(2)&gt;Line截面

点击工具条里的(ActivateAll)图标 ，然后激活全部的截面。

由于生成的两个截面**Plane-I**和**Line-I**是在同一位置，所以在模型窗口中重叠显现。为了排列两截面可调用**Model>Section>Arrange**菜单。




&lt;图21-(1)&gt;排列截面对话框



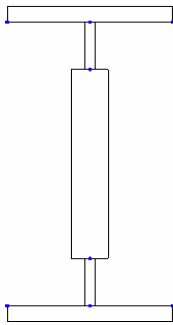
&lt;图21-(2)&gt;并列排列的截面

在<图21-(1)>的排列截面对话框按生成(**Creation**)顺序排列，**Row**栏输入**1**后点击**Apply**按钮。其排列结果如<图21-(2)>所示。

☞ 排列截面时可以指定行(**Row**)和列(**Column**)的个数。如果不输入其数值(0)，程序会自动排列。行优先于列，截面会以行的顺序以  的形式进行排列。

☞ 通过比较以plane和line形式生成的两个截面，除了抗扭刚度其它的值都一致。






在Line截面中为了熟悉SPC制图的各项功能直接按照实际截面形状进行了绘图，事实上只有按如左图所示的形状进行绘图才可以精确地计算抗扭刚度。

Plane截面是根据有限元网格进行截面特性计算，所以它不受截面表现形式的影响。


现在按文件形式输出截面特性的计算结果。

点击工具条里的(ExportProperty) ，会出现如<图22>所示的输出截面特性对话框。



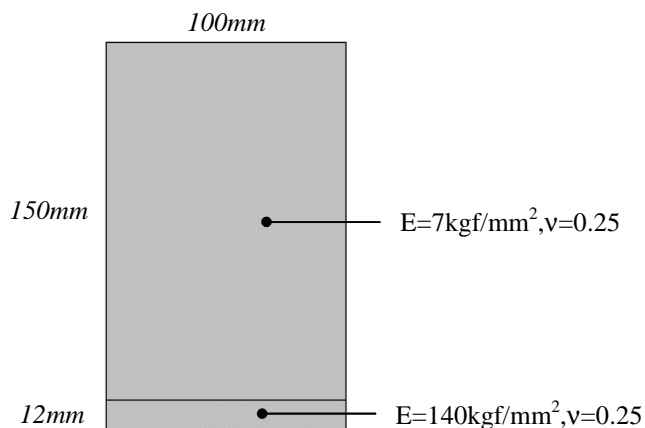
<图22>输出截面特性对话框

在<图22>的输出截面特性对话框里首先选择要输出的文件形式。如点击指定文件路径的按钮

(...)  出现保存文件的文件夹和文件名的对话框，在这里设定文件保存位置和文件名。然后点击输出截面特性对话框的**Apply**按钮即可。

☞ 只输出特定截面的特性时可使用**ExportSection**功能，只输出特定截面组的截面时可使用**ExportGroup**功能。将截面形状以AutoCADDXF文件形式输出时可使用**File>Export>AutoCADDXF**功能。

## 操作例题-2



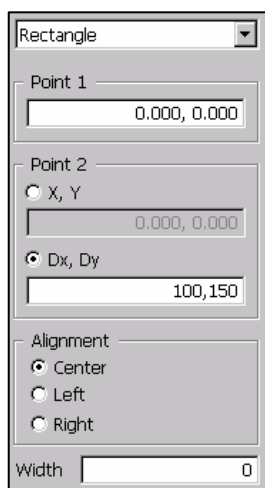
<图23>例题联合截面

-“MechanicsofMaterials”(GereandTimoshenko,3<sup>rd</sup>Ed.),“5.11CompositeBeams”,Example2-

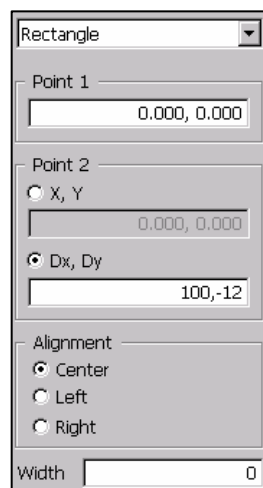
计算如<图23>所示的联合截面特性值。

联合截面只能以Plane截面形式表示。

首先点击工具条的(Setting)图标在General里将单位设定为kgf、mm,取消Display里的Coord inate Axis的Display选项。然后点击工具的(ZoomAuto-Fit)图标，使整个建模的过程中都可以按比例自动对齐。点击工具条里的(GridSetting)图，将GridSize设为10。调出Model>Curve>Create>Rectangle菜单。



<图24-(1)>生成矩形对话框



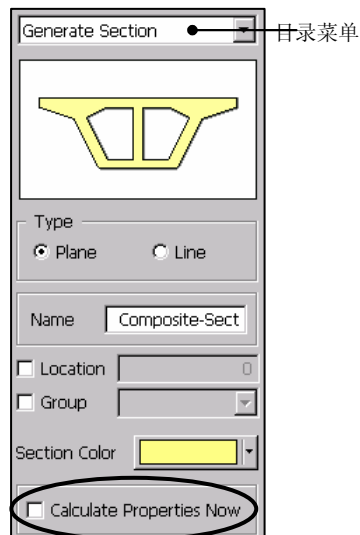
<图24-(2)>生成矩形对话框

如<图24-(1)>所示，在生成矩形对话框里的Point1栏内输入0,0,Dx,Dy栏里输入100,150后点击Apply按钮。

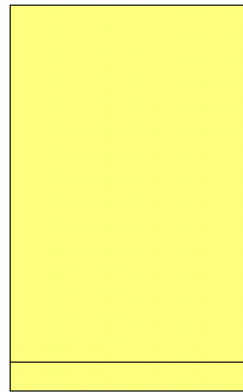
继续在 $Dx, Dy$ 栏输入 $100, -12$ 后点击**Apply**按钮。(图24-2)

由此建立了联合截面。

调出**Model>Section>Generate**菜单。



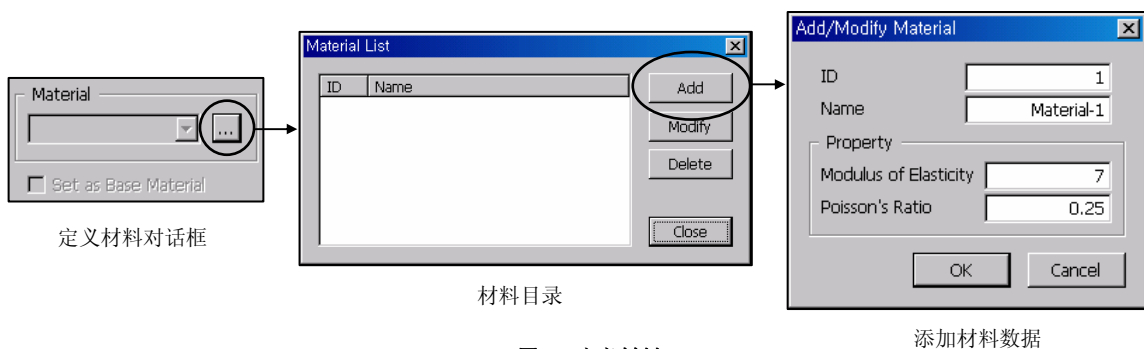
<图25-(1)>生成截面对话框




<图25-(2)>生成的截面

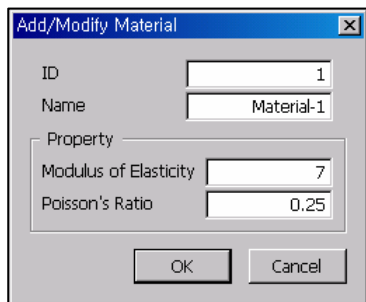
通过窗口选择全部的线，在<图25-(1)>的生成截面对话框里选择**Type**为**Plane**,在**Name**栏里输入**Composite-Sect**。生成截面后，因为还没有指定各部分的材料，所以关闭**CalculatePropertiesNow**选项，只生成截面。点击**Apply**按钮会出现<图25-(2)>所示的画面。

为了定义各部分的材料需从“**Model**”目录菜单里选择**AssignDomainMaterial**。

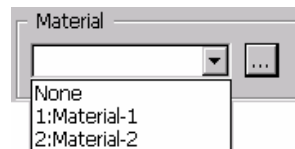
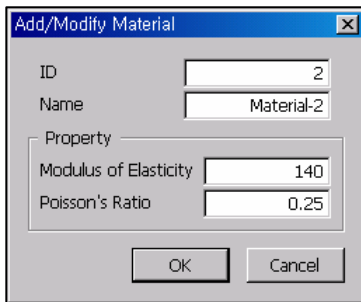


<图26>定义材料

在<图26>的定义材料对话框中，由于目前还未定义材料，故无法直接选择材料。点击材料目录按钮 现材料目录对话框,在此点击**Add**按钮，如<图27>所示添加两种新的材料。



&lt;图27&gt;添加材料数据



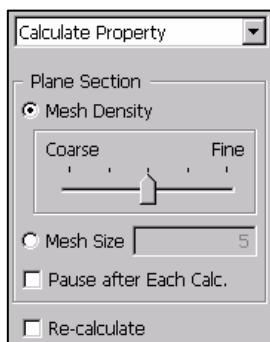
&lt;图28&gt;材料目录

下面就可以在定义材料对话框中定义各部分的材料了。


首先选择材料目录里的“1:Material-1”,在模型窗口中选择Part1之后点击**Apply**按钮。用同样的方法指定Part2的“2:Material-2”材料。

☞ 联合截面必须指定所有组成部分的材料，计算换算截面时一般将面积非常大的部分的材料视为基准材料。如欲把其它的材料作为基准材料，在定义材料时选择**Set as Base Material**选项即可。欲删除截面内已定义的材料只需选择材料里的**None**。

☞ 联合截面的各部分所定义的材料信息用于计算剪切系数(G)的比率，所以定义材料时弹性模量(E)的实际单位并不重要。



&lt;图29&gt;截面特性对话框

为了计算联合截面的特性需点击工具条里的() **Calculate Property** )。

选择要进行截面计算的联合截面**Composite-Sect**,在<图29>的截面特性计算对话框直接点击**Apply**按钮便可计算特性值。

☞ 截面特性计算对话框里的功能选项如下：


- **MeshDensity**
  - 选择要生成的网格的密度。
- **MeshSize**
  - 直接设定要生成的网格的大小。
  - 若生成的网格不合理或者出现错误时，用户需直接定义网格大小。

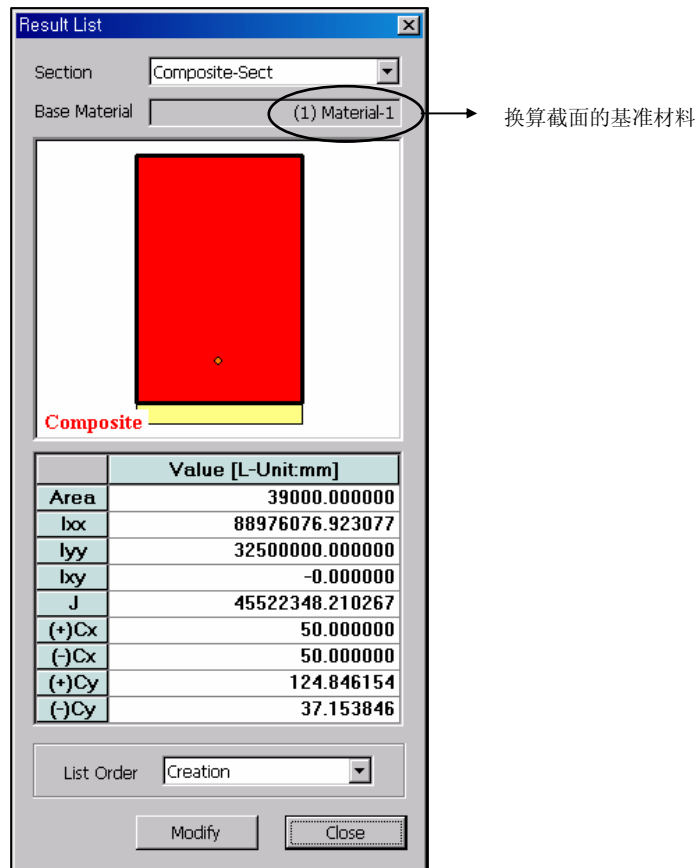
- **PauseafterEachCalc.**

在计算多个截面时，对一个截面进行完相关的截面计算后会暂停。  
利用此功能可便于分别查看每个截面网格的形状。

- **Re-calculate**

重新计算截面特性。

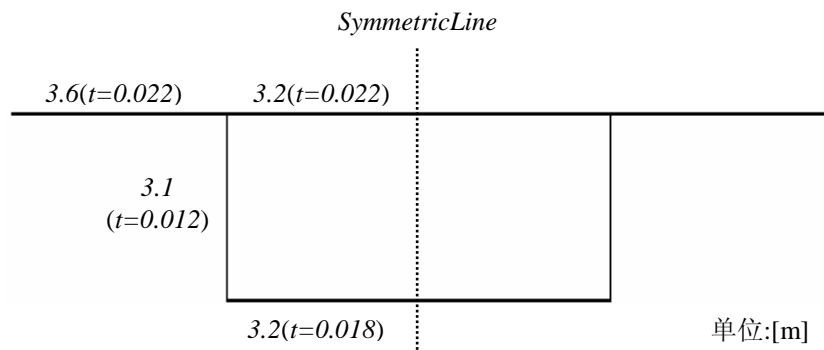
点击工具条里的(*PropertyList*)图标  查看所生成的截面特性值。



<图30>截面特性目录对话框




在如<图30>所示的截面特性目录对话框里，对于联合截面**BaseMaterial**栏会输出换算截面的基准材料。在截面形状里为了视觉上能明显的区分使用基准材料的部分将其填充为红色且用粗线作为边框。而且对于联合截面在图片的左下端有“**Composite**”标志。

### 操作例题-3

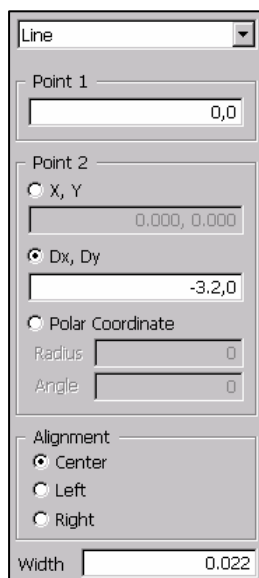


<图31>箱型桥梁的截面（例）

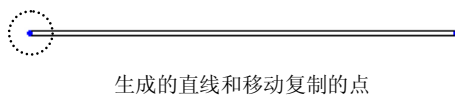
因<图31>所示的桥梁截面的厚度非常薄，故用Line截面来完成。

首先,点击工具条里的(Setting)图标  在General里将单位设定为kgf、m,取消Display里的Coordinate Axis的Display选项。然后,点击工具条里的(ZoomAuto-Fit)图标  ,使操作窗口在整个建模的过程中都可以按比例自动对齐。点击工具条里里的(GridSetting)图标  ,将Grid Size设为0.5。

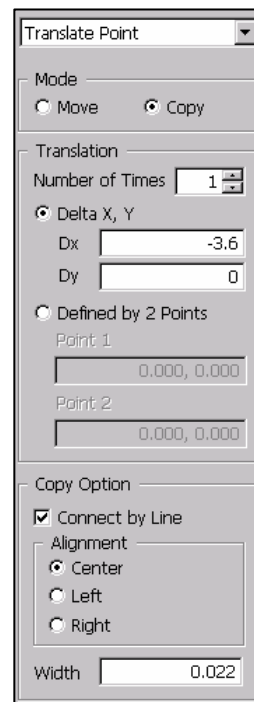
调出Model>Curve>Create>Line菜单。



<图32>生成直线对话框



生成的直线和移动复制的点




<图33>点移动复制对话框


在<图32>的生成直线对话框的**Point1**栏输入0,0,在**Dx,Dy**中输入-3.2,0。在宽度**Width**输入0.022,线宽度的对齐位置**Alignment**选择**Center**后点击**Apply**按钮。

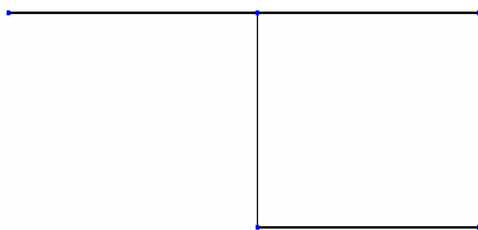
将生成的线的左侧点进行移动复制生成直线。

调出**Model>Point>Translate**菜单。

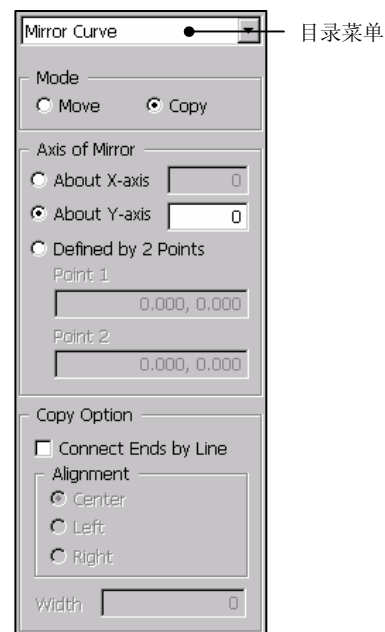
利用移动复制选择线的左侧端点,在<图33>的点移动复制对话框里**Mode**选择**Copy**,**DeltaX,Y**的**Dx**栏输入-3.6,**Dy**栏输入0。然后选择**CopyOption**的**ConnectbyLine**选项,宽度**Width**栏输入0.022,**Alignment**选择**Center**后点击**Apply**按钮。

利用工具条  (**SelectPrevious**)重新选择前次选择的点,在<图33>的点移动复制对话框里**DeltaX,Y**的**Dx**栏输入0,**Dy**栏输入-3.1。在**CopyOption**的**Width**栏输入0.012,**Alignment**选择**Center**后点击**Apply**按钮。

利用工具条  (**NewcomerSelection**)选择刚刚移动复制生成的点,在<图33>的点移动复制对话框里**DeltaX,Y**的**Dx**栏输入3.2,**Dy**栏输入0。在**CopyOption**的**Width**栏输入0.018,**Alignment**选择**Center**后点击**Apply**按钮。



<图34>1/2对称部分

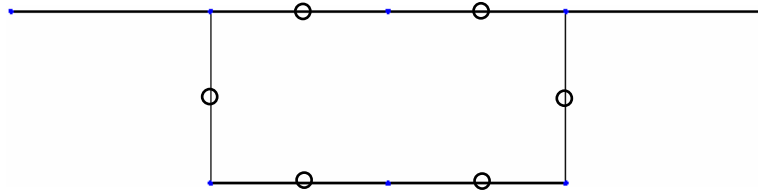


<图35>线对称复制对话框

通过对1/2部分进行镜像复制完成整个形状。

调出**Model>Curve>Mirror**菜单。

用窗口选择全部的线,在<图35>的线镜像复制对话框里**Mode**选择**Copy**,将镜像复制的基准线设置为y轴(**AboutY-axis,0**)后点击**Apply**按钮。



<图36>完成的截面形状和构成封闭曲线的所有的线

<图36>种所标记的线构成了一个封闭曲线(ClosedLoop)。在Line截面里存在封闭曲线时,为了准确的计算抗扭刚度需对该封闭曲线另行定义。

选择目录菜单里的**RegisterClosedLoop**,在选择<图36>所示的线之后点击**Apply**按钮,所选择的线构成的封闭曲线就会被登记。


☞ 构成封闭曲线的线必须在各线的端点处彼此连接。

☞ 尽管线的宽度很小,为了避免选择线时无法准确的识别,可在Setting的Display里关闭Curve的Width之后再进行操作。

现在调出**Model>Section>Generate**菜单,将生成的线以Line截面形式生成截面。

首先通过窗口选择选择所有的线,在截面生成的对话框里选择**Type**里的**Line,Name**栏输入

**SB-Sect**,选择**CalculatePropertiesNow**选项,然后点击**Apply**按钮。

点击工具条里的  (**PropertyList**)图标,查看生成的截面特性值。

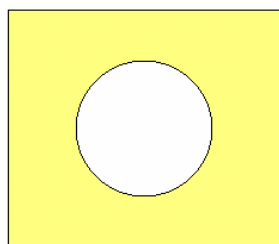
☞ 像这个箱型梁一样截面厚度特别小的时候,若以Plane截面操作很难在又窄又长的领域内自动生成适当的网格。虽然在截面特性计算对话框里的**MeshSize**可以直接指定网格的大小,但是这样会增多网格的个数。所以像此例题一样,截面厚度特别小时最好使用Line截面计算。



## 其它注意事项

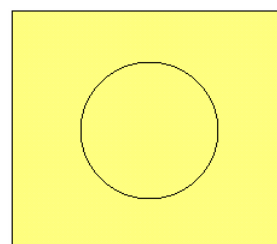
- 欲将AutoCADDXF文件正常的导入（Import），DXF的截面必须是在x-y平面内，也就是说所有点的坐标在z轴上的值必须都为0。另外在导入前，需在Tool/Setting里调整单位体系，使其与在AutoCAD里所使用的单位一致。
- 由多个部分构成的Plane截面，程序默认将内部设为非使用区域(参见下图)。这时可利用**Model > Section > ChangeDomainState**功能，将默认的非使用范围设定为使用领域。调出此菜单，选择要定义的截面后点击**Apply**按钮。接下来程序会按照选择的截面所包含的各部分的顺序亮显询问是否使用。如要使用亮显的部分，则在操作窗口中点击鼠标左键(LB)，如不使用则点击鼠标右键(RB)。欲选用全部的领域直接按**Enter**键即可。在设定bond,Italic的过程中如按**Esc**键，之后的所有的领域都会按现状保存而停止询问。

- Use this highlighted domain? {Yes:LB / No:RB / All:Enter / Stop:ESC}



原来内部领域设为非使用时的截面

ChangeDomainState



所有的领域都设为使用时的截面

- 若对截面的某些参数进行修改，例如改变其使用区域、旋转截面、修改线的厚度等会使以前计算的特性无效。所以更改之后用户需利用**CalculateProperties**菜单重新计算截面特性。
- 对个体进行**激活/钝化**时，其所包含的各部分也自动被**激活/钝化**。例如，激活截面时其所包含的所有的线、点也都会被激活；钝化线时，其包括的所有的点也都被钝化。对于其内部的个体无法单独进行**激活/钝化**，例如对于截面无法对构成截面的线、点单独进行**激活/钝化**。这是为了防止用户因错觉而造成操作失误。

## 在SPC中导入DXF文件时的步骤及注意事项

步骤如下：

- 1.先在Tools>Setting中选择相应的单位体系。如果在CAD中按米画的则选择米。
- 2.然后导入DXF
- 3.然后在model>curve>intersect中进行交叉计算，以避免在CAD中有没有被分割的线段。
- 4.如果DXF文件中有圆曲线且有直线与之相切时，导入过程中因为圆曲线转换为直线，使原来的切线与圆曲线(已转换为多边形)不能相交，此时应使用SPC中延伸的功能使其相交。
- 5.在Section>Generate中定义截面名称。
- 6.然后计算特性值。(也可直接在第4项中计算)

当截面中有内部空心时，可在进行第4项后进行下列操作。

- a.在Section>DomainState中选择各部分是否为“空”，当区域中有红色亮显时，按左键为实心，按右键为空心(请看程序中信息窗口的说明提示)。

当截面有不同材料组成时(可超过2种)，在进行完上面a操作后，进行下列操作。

- b.在Section>DomainMaterial中选择各区域材料。需先定义材料名称和特性值。  
在赋予各区域材料特性时，应选择某个材料为基本材料，一般选择混凝土。

在计算不同材料组成的截面的特性值时，应选择相应的单元尺寸。一般来说划分越细越好，但划分的太细计算时间会很长。一般在钢筋混凝土中选择钢板厚度的一半即可。

## 附录一 MIDAS/Civil和MIDAS/Gen的标准截面数据库中截面抗扭刚度的计算方法

抗扭刚度就是抵抗扭矩的刚度，可用式(1)表示。

$$I_{xx} = \frac{T}{\theta} \quad (1)$$

且

$I_{xx}$ : 抗扭刚度(TorsionalResistance);

$T$ : 扭矩(TorsionalMomentTorque);

$\theta$ : 扭转角度(AngleofTwist)。

由上式所示，抗扭刚度就是抵抗扭矩的刚度。它不同于为了计算扭矩作用下的截面剪应力所使用的极惯性矩(PolarMomentofInertia)。但是当截面形状是圆形或厚板圆筒时，其抗扭刚度与极惯性矩相一致。

开口型截面(OpenSection)和封闭型截面(CloseSection)的抗扭刚度的计算方法不一致；厚壁截面和薄壁截面的抗扭刚度计算方法也不相同。不存在适合于所有截面类型的计算抗剪刚度的一般公式。

计算开口型截面的抗扭刚度时，首先把截面划分成多个矩形截面，利用式(2)计算每一个矩形截面的抗扭刚度，把每个矩形截面的抗扭刚度值取代数和就可以得到整个截面的抗扭刚度的近似值。

$$I_{xx} = \sum i_{xx}$$

$$i_{xx} = ab^3 \left[ \frac{16}{3} - 3.36 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right], \text{其中, } a \geq b \quad (2)$$

且

$i_{xx}$ : 划分后的小矩形截面的抗扭刚度；

$2a$ : 划分后的小矩形截面的长边；

$2b$ : 划分后的小矩形截面的短边。

对薄壁封闭型管型(Tube)截面的抗扭刚度可按式(3)计算(参照图1.45)。

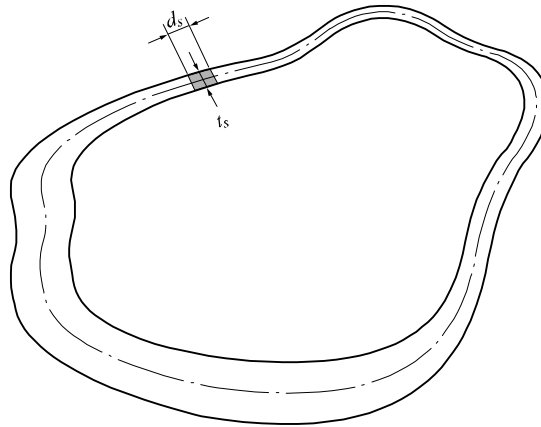
$$I_{xx} = \frac{4A^2}{\oint d_s/t} \quad (3)$$

且

A: 封闭管的截面面积;

$d_s$ : 截面任意位置上中和轴的微小长度;

t: 截面任意位置的厚度。



$$\text{抗扭刚度: } I_{xx} = \frac{4A^2}{\oint d_s/t_s}$$

$$\text{任意位置上的剪切应力: } \tau_T = \frac{T}{2At_s}$$

$t_s$ : 任意位置上管的平均厚度

图1.45 封闭型薄壁截面的抗扭刚度及剪切应力

一些标准截面的抗扭刚度见<图1.46>~<图1.49>。

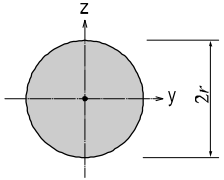
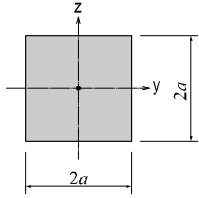
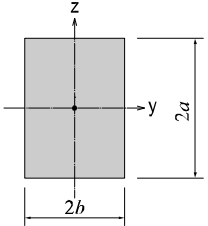
截面形状	抗扭刚度	截面形状	抗扭刚度
<p>1.SolidRoundBar</p> 	$I_{xx} = \frac{1}{2} \pi r^2$	<p>2.SolidSquareBar</p> 	$I_{xx} = 2.25a^4$
<p>3.SolidRectangularBar</p> 	$I_{xx} = ab^3 \left[ \frac{16}{3} - 3.36 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$ <p>(where, <math>a \geq b</math>)</p>		

图1.46 实体截面(SolidSection)的抗扭刚度

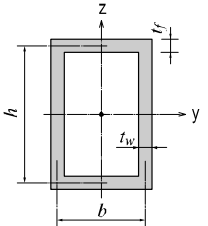
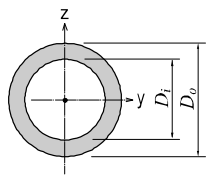
截面形状	抗扭刚度	截面形状	抗扭刚度
<p>1.RectangularTube(Box)</p> 	$I_{xx} = \frac{2(b \times h)^2}{\left( \frac{b}{t_f} + \frac{h}{t_w} \right)}$	<p>2.CircularTube(Pipe)</p> 	$I_{xx} = \frac{1}{2} \pi \left[ \left( \frac{D_o}{2} \right)^4 - \left( \frac{D_i}{2} \right)^4 \right]$

图1.47 封闭型薄壁管形截面的抗扭刚度

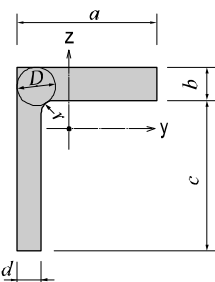
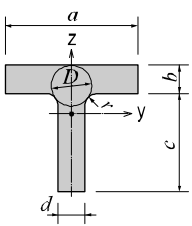
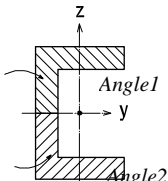
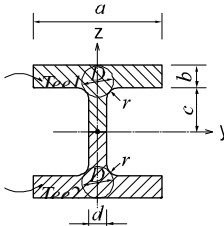
截面形状	抗扭刚度
<p>1.Angle</p> 	$I_{xx} = I_1 + I_2 + \alpha D^4$ $I_1 = ab^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$ $I_2 = cd^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.105 \frac{d}{c} \left( 1 - \frac{d^4}{192c^4} \right) \right]$ $\alpha = \frac{d}{b} \left( 0.07 + 0.076 \frac{r}{b} \right)$ $D = 2 \left[ d + b + 3r - \sqrt{2(2r+b)(2r+d)} \right]$ <p>(where, <math>b &lt; 2(d+r)</math>)</p>
<p>2.Tee</p>  <p><math>IFb &lt; d: t=b, t_1=d</math></p> <p><math>IFb &gt; d: t=d, t_1=b</math></p>	$I_{xx} = I_1 + I_2 + \alpha D^4$ $I_1 = ab^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$ $I_2 = cd^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.105 \frac{d}{c} \left( 1 - \frac{d^4}{192c^4} \right) \right]$ $\alpha = \frac{t}{t_1} \left( 0.15 + 0.10 \frac{r}{b} \right)$ $D = \frac{(b+r)^2 + rd + \frac{d^2}{4}}{(2r+b)}$ <p>(where, <math>d &lt; 2(b+r)</math>)</p>
<p>3.Channel</p> 	<p>首先划分两个角形截面(Angle)并计算 每个角形(Angle)截面的抗扭刚度, 而后取这两个计算值之和。</p>
<p>4.I-Section</p>  <p><math>IFb &lt; d: t=b, t_1=d</math></p> <p><math>IFb &gt; d: t=d, t_1=b</math></p>	$I_{xx} = 2I_1 + I_2 + 2\alpha D^4$ $I_1 = ab^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$ $I_2 = \frac{1}{3} cd^3$ $\alpha = \frac{t}{t_1} \left( 0.15 + 0.10 \frac{r}{b} \right)$ $D = \frac{(b+r)^2 + rd + \frac{d^2}{4}}{(2r+b)}$ <p>(where, <math>d &lt; 2(b+r)</math>)</p>

图1.48 开口型厚壁截面的抗扭刚度

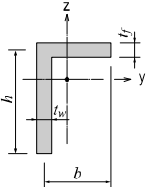
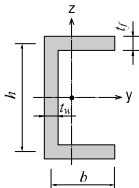
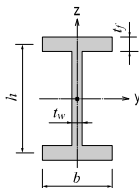
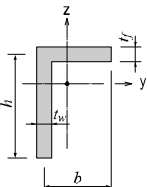
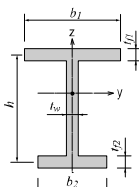
截面形状	抗扭刚度
<p>1.Angle</p> 	$I_{xx} = \frac{1}{3} (h \times t_w^3 + b \times t_f^3)$
<p>2.Channel</p> 	$I_{xx} = \frac{1}{3} (h \times t_w^3 + 2 \times b \times t_f^3)$
<p>3.I-Section</p> 	$I_{xx} = \frac{1}{3} (h \times t_w^3 + 2 \times b \times t_f^3)$
<p>4.Tee</p> 	$I_{xx} = \frac{1}{3} (h \times t_w^3 + b \times t_f^3)$
<p>5.I-Section</p> 	$I_{xx} = \frac{1}{3} (h \times t_w^3 + b_1 \times t_{f1}^3 + b_2 \times t_{f2}^3)$

图1.49 开口型薄壁截面的抗扭刚度

当利用2个以上的型钢组合成1个截面时，在一个截面上可能同时存在封闭型和开口型，这种组合截面的抗扭刚度是各自抗扭刚度的代数和。

例如，由两个H型钢截面(DoubleH-Section)组合成图1.50所示的截面，其中央形成封闭型而外部翼缘为开口型截面。

-封闭型截面(阴影部分)的抗扭刚度是

$$I_c = \frac{2(b_1 \times h_1)^2}{\left( \frac{b_1}{t_f} + \frac{h_1}{t_w} \right)} \quad (4)$$

-开口型截面(突出的翼缘板部分)的抗扭刚度是

$$I_o = 2 \left[ \frac{1}{3} (2b - b_1 - t_w) \times t_w^3 \right] \quad (5)$$

-组合截面总的抗扭刚度是

$$I_{xx} = I_c + I_o \quad (6)$$

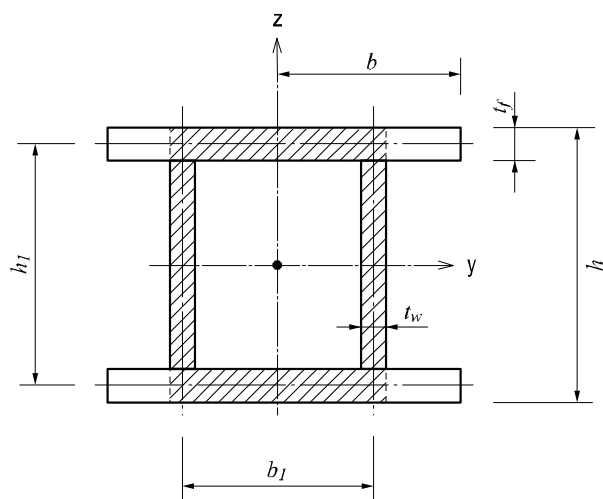
一个H型钢和2个平板(FlatBar)组合形成图1.51所示的截面形状时，截面的抗扭刚度可按以下方法计算。

当图中封闭型截面以外突出翼缘板部分的抗扭刚度比组合截面整体的抗扭刚度小得可以忽略不计其大小时，可以只取图中H形型钢的翼缘和两平板(FlatBar)组合成的外封闭截面(阴影部分)的抗扭刚度，使用式(7)计算其大小。

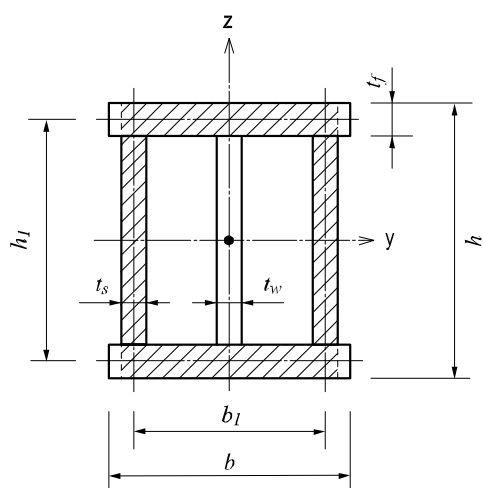
$$I_{xx} = \frac{2(b_1 \times h_1)^2}{\left( \frac{b_1}{t_f} + \frac{h_1}{t_w} \right)} \quad (7)$$



在组合截面上开口型截面部分的抗扭刚度不能忽略其大小时，应该把这部分抗扭刚度计算后计入到整个截面的抗扭刚度值里。



图I.50 封闭型和开口型组合截面的抗扭刚度



图I.512 个封闭型和开启型组合截面的抗扭刚度