

# 利用 SD 截面设计器创建复杂截面

筑信达 杨硕

## 1. 概述

Section Designer（截面设计器，以下简称 SD 截面）是非常实用的截面定义与分析工具，其集成在 SAP2000、ETABS 和 CSiBridge 中。SD 截面内可包含一种或多种材料以及指定的钢筋布局，任意几何形状的组合截面都可以在 SD 截面中建立。定义好的 SD 截面可指定给框架对象分析其受力。本文将介绍 SD 截面中关于创建截面的方法。

以 SAP2000 为例，在软件的菜单栏通过点击【定义】>【截面属性】>【框架截面】>【添加框架截面】将“截面类型”调整为 Other，点击“SD 截面”就可打开图 1 左侧的“SD 截面数据”对话框，点击“截面设计器”将弹出下图右侧的 SD 截面对话框，该对话框最上方是命令菜单，菜单栏下方及对话框左侧分布着常用命令快捷按钮，中间空白区即创建截面区域。

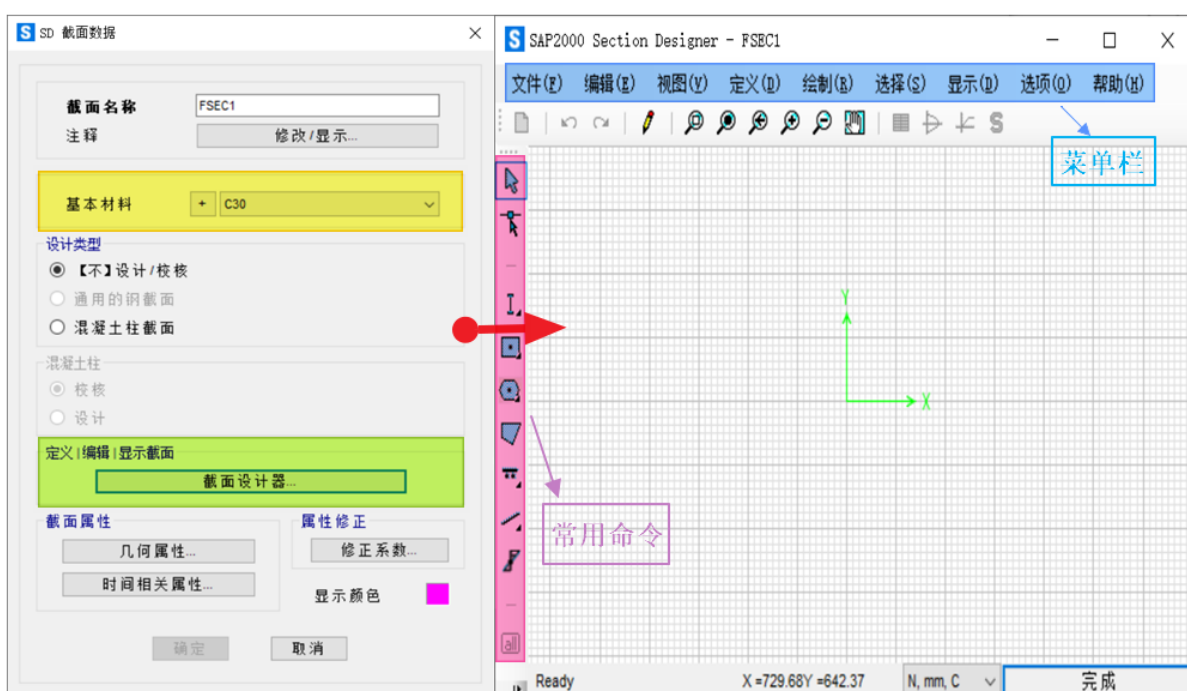


图 1. SD 截面设计器

在正式绘制 SD 截面之前，需定义基本材料（图 1 左侧），“基本材料”的作用是将组合截面各部分不同材料的截面属性都等效为基本材料的截面属性。“基本材料”的类型确定了“设计类型”的适用范围，其对应关系如表 1 所示。

表 1 基本材料与设计类型的关系

基本材料	设计类型（适用范围）	备注
混凝土	【不】设计/校核	只分析
	混凝土柱截面（设计/校核）	混凝土框架设计
钢材	【不】设计/校核	只分析
	通用的钢截面	钢框架设计
铝、冷弯型钢、other	【不】设计/校核	只分析

## 2. 绘制截面

SD 截面的绘制功能十分强大，表 2 列出绘制相关的各项命令的功能简介。

表 2 绘制工具栏

图形	工具	功能
	选择模式	启用选择模式
	重定形模式	可移动图形, 改变图形轮廓
	绘制结构形状	 工字形、槽形、T形、L形、双L形、箱形、圆管形、平板形
	绘制实心截面	 矩形、圆形、弓形、扇形
	绘制多边形	绘制任意多边形截面
	绘制钢筋	 单根钢筋、线模式、矩形模式、圆形模式
	绘制参考线	 参考线、参考圆, 便于精确的绘制与定位形状
	绘 Caltrans 形状	 六边形、八边形、圆形、方形, 可生成符合加州交通规范的横截面
	绘制截面的应力点	可绘制任意数量的应力点, 可用于分析后查看框架截面上具体位置的应力值, 应力点对截面的行为无影响, 如若未绘制应力点, 则默认截面的矩形边界框的角处和截面质心处各存在一个应力点。

下面以图 2 所示截面为例, 演示使用表 2 中的“绘多边形”, “重定形模式”以及“交互式数据库编辑”来绘制和修改截面的几何形状。

为提高绘制截面时定位的精度, 首先通过【选项】>【首选项】将背景辅助线间距设置为 100mm, 将辅助线之间的精细网格线数量设置为 4, 则最小的精细网格尺寸为 20mm\*20mm, 如图 3 所示。选择【绘制】>【绘制多边形】, 通过捕捉相交的网格线来绘制截面, 如图 4 所示。

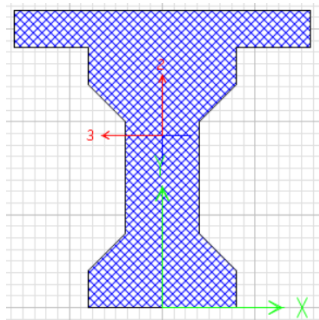


图 2. 自定义截面

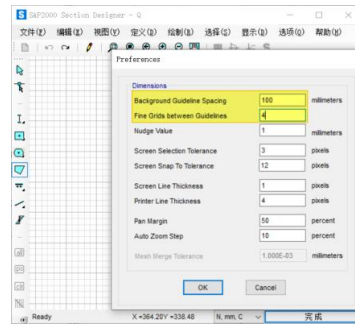


图 3. 初始化网格

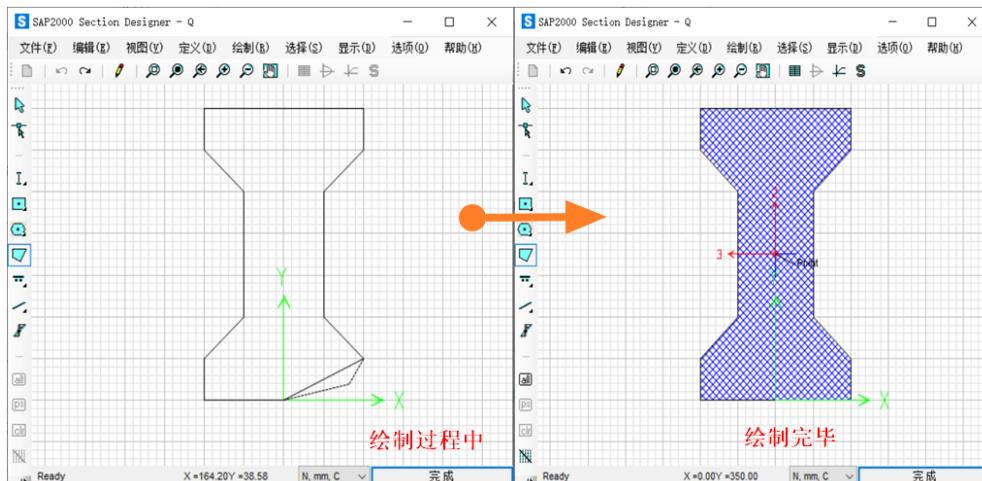


图 4. 多边形截面

绘制完毕后，点击“重定形模式”，再单击截面，这时截面轮廓边缘的控制点被激活，拖拽任意控制点可改变截面形状，或者将鼠标移动到某一控制点并单击右键将弹出节点编辑对话框，通过输入坐标改变截面的形状。

对于更复杂的修改，也可通过“交互式数据库编辑”来实现。点击命令【编辑】>【交互式数据库编辑】>【模型定义】>【Property Definition】>【Section Designer Properties】选择图 6 左侧的列表，下面通过修改 SD 截面属性的数据表格，来添加沿横截面轮廓的其他控制点，并创建大梁上方的连接平板。

点击图 6 右侧中的“导出至 Excel”按钮，在 Excel 中添加另外四个代表平板边长的点。需注意的是，在 Excel 中编辑添加截面轮廓边缘控制点坐标时，定位平板轮廓边缘的四个控制点需置于控制点 7 与 12 之间。否则将造成截面上节点坐标顺序混乱，无法成功导入。

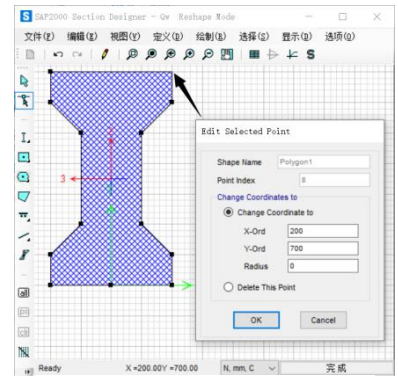


图 5.重定形模式

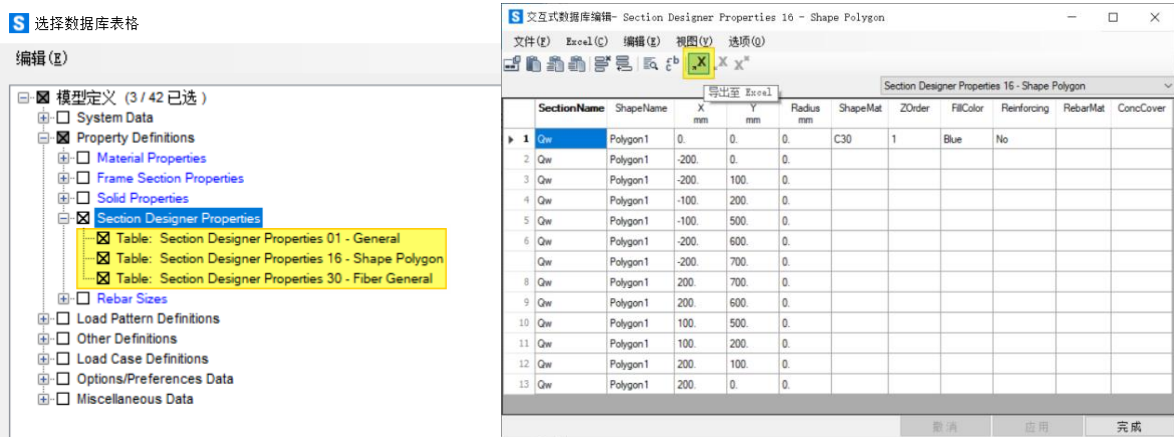


图 6. 交互式数据库编辑

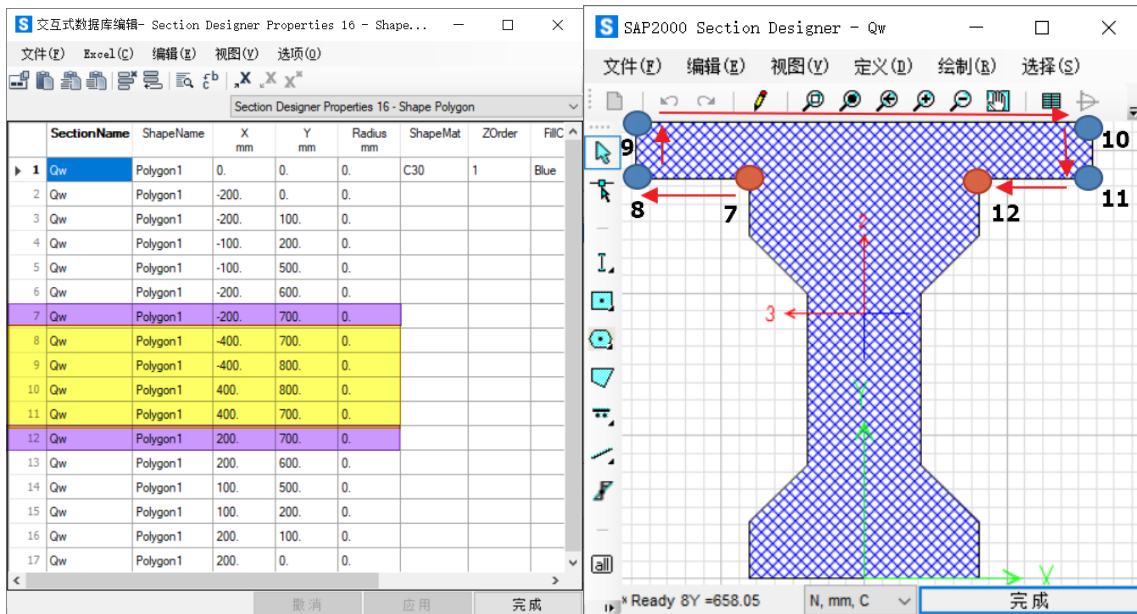


图 7.交互式数据库编辑

以上是在 SD 截面设计器中使用“绘制多边形”，“重定形模式”以及“交互式数据库编辑”功能创建截面的整个过程。截面创建完毕后，我们可以通过点击右键修改截面材料，使用“绘制钢筋”命令来布置钢筋等。

### 3 编辑与定义截面

有的截面可能需要由几种基本形状组合而成，这时使用编辑命令十分有效，表 3 汇总了常用编辑命令的含义。

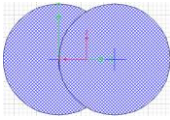
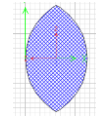
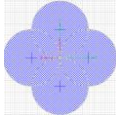
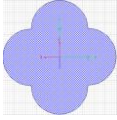
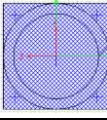
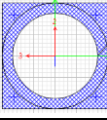
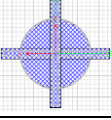
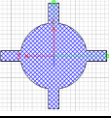


表 3.编辑菜单功能介绍

选项	含义
前移/后移	更改组合截面的顶层的形状，顶层形状控制截面属性参数的计算
改变形状为多边形	将结构外形与实心截面转换为多边形
改变钢筋形状为单个钢筋	将线形、矩形和圆形布置的钢筋形状改为一系列单根钢筋
合并两个多边形	合并两个重叠的形状
获取两个多边形交集	获取两个形状的重叠区域
获取两个多边形差集	消除两个形状的重叠区域，保留余下的截面
移除底部多边形重叠区	消除两个选择的形状的重叠区域
分割选择的多边形	仅分割有重叠区域的多边形形状
检查截面重叠	检查两个截面是否有重叠区域
带属性复制	同时复制截面的几何尺寸、材料与力学属性

下面展示几种常用的多边形截面的编辑效果。

表 4.多边形截面编辑的效果

编辑效果	编辑前	编辑后
绘制两个圆形实心截面，修改为多边形，再获取两个多边形的交集		
绘制四个圆形实心截面，修改为多边形，每轮依次合并两个多边形，直至合并所有多边形		
绘制矩形实心截面与圆管，修改为多边形，选中整个截面，点击“移除底部多边形重叠区”命令，选中中间实心圆，按 Delete 键删除		
绘制实心圆与厚板，修改为多边形，再合并多边形		

值得一提的是，如果 SD 截面中存在不同形状之间的重叠区域，SAP2000、ETABS 或 CSiBridge 将以顶层 (Top) 形状的材料属性确定该重叠部分的质量或重量，不会造成重复计算。

当需要模拟构件的非线性行为，并对分析结果的精度要求较高时。可选中截面，点击【定义】>【纤维布局】来创建纤维截面，指定具体的纤维数量，如下图所示。

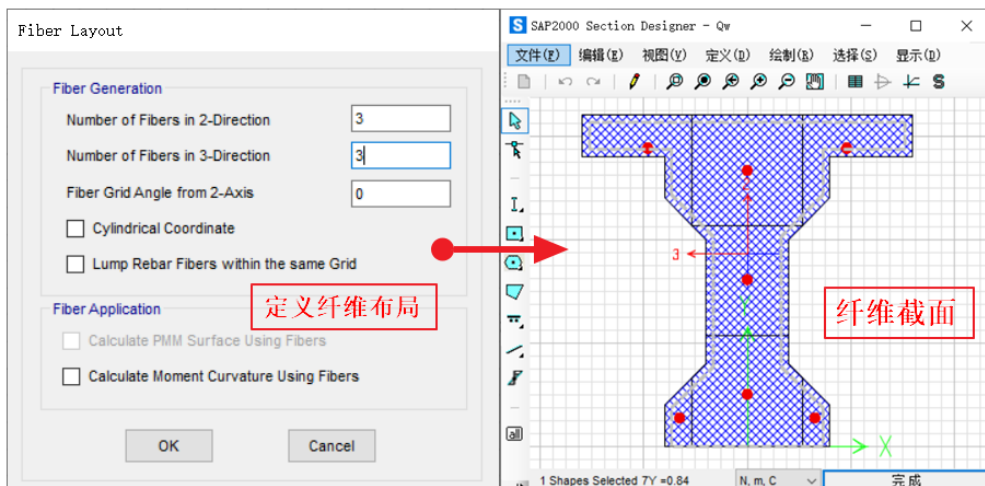


图 8.定义纤维截面

## 4 导入截面

以上介绍了在 SD 截面中使用绘制、编辑等功能创建截面，也可通过导入 DXF 文件的方式创建截面。这使得 SD 截面的创建变得更加灵活、强大（目前 ETABS 暂不支持该功能）。打开 SD 截面设计器后，点击【文件】>【Import Section From Dxf】可导入 DXF 文件。下面以冷弯薄壁型钢截面和空心桥墩截面为例，介绍 DXF 文件导入的过程与注意事项。

图 9 为冷弯薄壁型钢截面的导入过程，在 AutoCAD 中使用 LINE 命令在 Steel 图层上绘制下图左侧的形状并导出 DXF 文件。

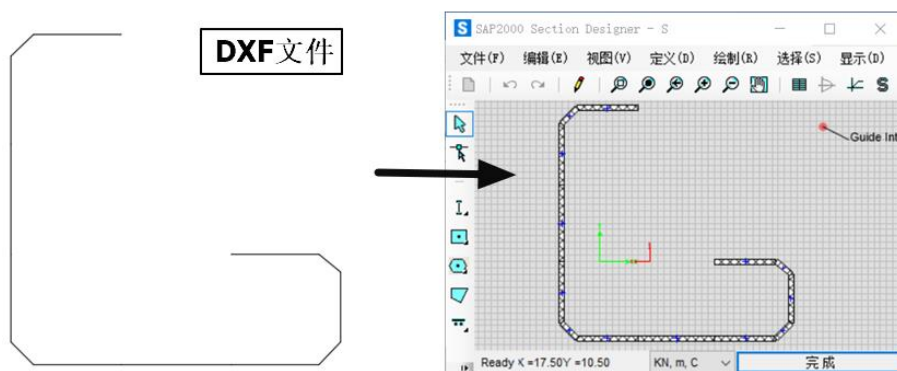


图 9.冷弯薄壁型钢的 SD 截面

在 SD 截面对话框点击【文件】>【Import Section From Dxf】，选择 DXF 文件并确定，将弹出下图所示的窗口。仅需调整“SD 材料”为 Q345，“导入为”修改为 plate（薄板中心线），填写“半径/厚度”的具体值。点击“确定”完成冷弯薄壁型钢截面的创建。

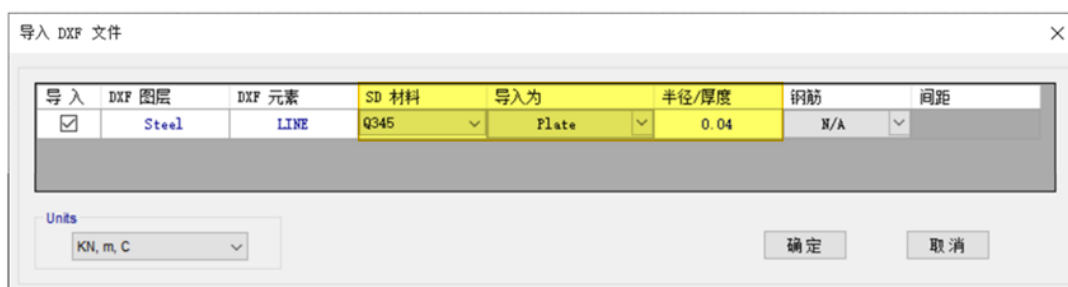


图 10.导入冷弯薄壁型钢的 DXF 文件

图 11 为空心桥墩截面的导入过程，在 AutoCAD 中定义 Concrete、Rebar、Opening1、Opening2 图层，使用 POLYLINE 命令在 Concrete 图层绘制下图左侧的红色闭合框，使用 LINE 命令在 Rebar 图层绘制下图左侧的绿色线段，使用 POLYLINE 命令在 Opening1 与 Opening2 图层绘制下图左侧的两个黄色闭合框。导出 DXF 文件。

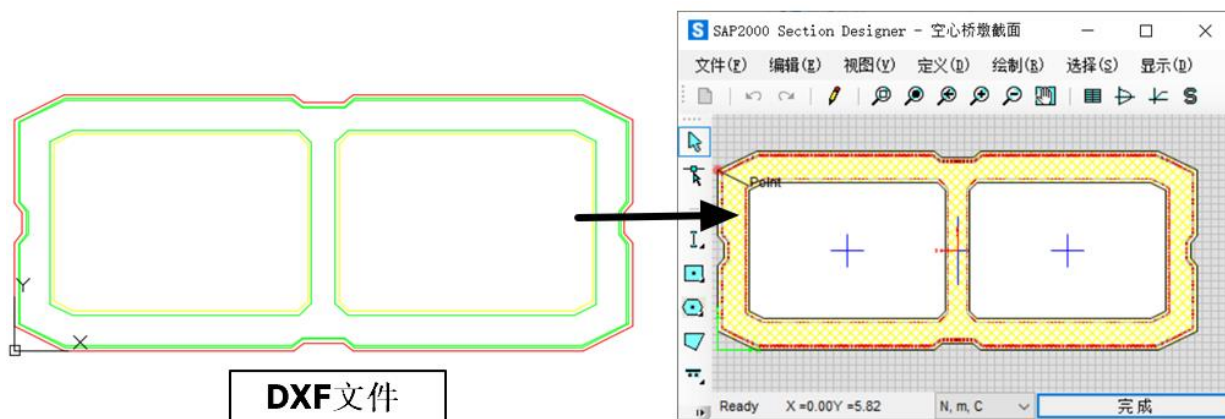


图 11.空心桥墩的 SD 截面

使用同样的方式导入 DXF 文件，弹出图 12 所示的窗口，将 Rebar 图层一行的“SD 材料”更改为 HPB300，“导入为”修改为 Line Bar（直线分布的钢筋），并设置“间距”值为 0.06；将 Concrete 图层的“SD 材料”更改为 C30；将 Opening1 与 Opening2 图层的“SD 材料”更改为 OPENING（空心）。点击“确定”完成空心桥墩截面的创建。



图 12.导入空心桥墩截面的 DXF 文件

由以上两个例子可以看出，当通过导入 DXF 文件来创建复杂截面时，程序可以对不同的 DXF 元素指定不同的材料类型，通过补充如厚度、间距等相关数据，实现把线条扩展为板件，把线条离散为钢筋等效果。表 5 汇总了对 DXF 元素的处理方式。

表 5.DXF 元素适用范围

DXF 元素	SD 材料	导入为	补充信息
线	NONE	参考线	/
	钢筋/钢束	直线分布的钢筋/钢束	钢筋的直径和间距
	混凝土/钢材	薄板中心线	薄板的厚度
点	钢筋/钢束	点状分布的钢筋/钢束	钢筋的直径
多段线	开洞	多边形	/
	混凝土/钢材	多边形	/
圆	钢筋	环形分布的钢筋	钢筋的直径和间距
	开洞	圆	/
	混凝土/钢材	实心圆形	/

## 5 小结

通过 SD 截面设计器可以直接绘制复杂截面，也可以通过 DXF 文件导入截面。此外，还有丰富的编辑功能对截面进行处理。希望通过本文的介绍，用户可以选择合适、快捷的方式创建复杂截面。

## 参考资料：

[1] Computers & Structures Inc.SAP2000 Version 22.0.0 联机帮助文档 CSISectionDesigner.2020

[2] Computers & Structures Inc.<https://wiki.csiamerica.com/display/tutorials/Create+custom+sections+using+polygonal+shapes>