

## 甲壳虫的逆向工程 Reverse Engineering of Beetle

### 目标

这个例子将带你经过 Geomagic Studio 工作流程的每个阶段。你将以 **Point Phase 点阶段** 开始，这个阶段里你将处理点云对象并准备数据用来封装(wrap)。一旦对象被封装，你将进入 **Polygon Phase 多边形阶段**，这个阶段里你将在多边形对象上填充孔、移除任何肿块或压痕。这时你将进行到 **Shape Phase 形状阶段**，这个阶段里你将在多边形对象上拟合 NURBS 曲面。



Point Phase 点阶段



Polygon Phase 多边形阶段




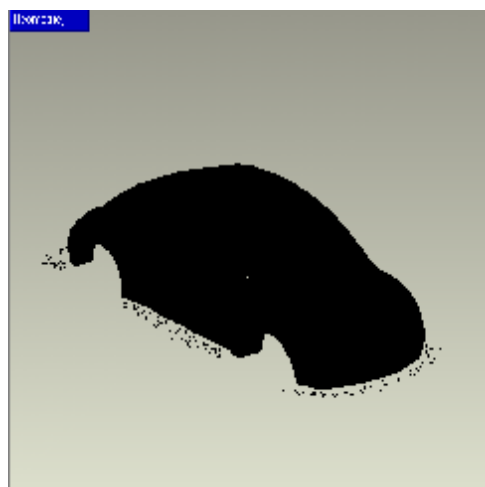
Shape Phase 形状阶段

### 打开数据

打开的数据可以是点云或多边形。在这例子里，你将使用无序点数据。

1. 打开文件 car.wrp。

- 点击 **File 文件** > **Open 打开** 或点击 **Open File 打开文件** 图标 。
- 从保存文件的目录中选择 **car.wrp**。
- 点击 **Open 打开**。模型被显示在视图区域。



扫描对象在视图区域

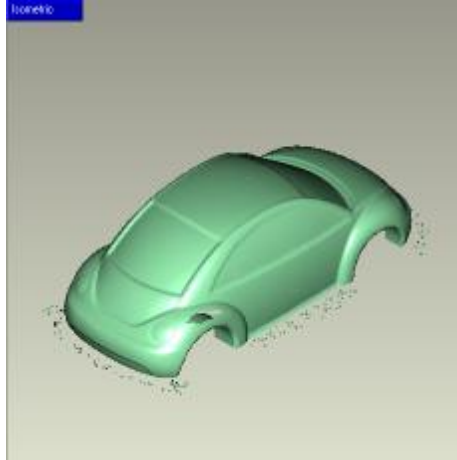
## 查看数据

我们需要知道这个对象看上去象什么。用一些功能可以改变对象在视图区域里的显示效果，这样更好的理解我们的任务。

1. 着色扫描对象便于理解对象的形状。

a. 点击 **View 视图 > Shading 着色 > Shade Points 着色点**

对象出现曲面化视图。这样你可以看出对象象什么而且知道该对它做些什么。



被着色的点数据

2. 你可以用许多命令如旋转和缩放来得到更好的对象视图。

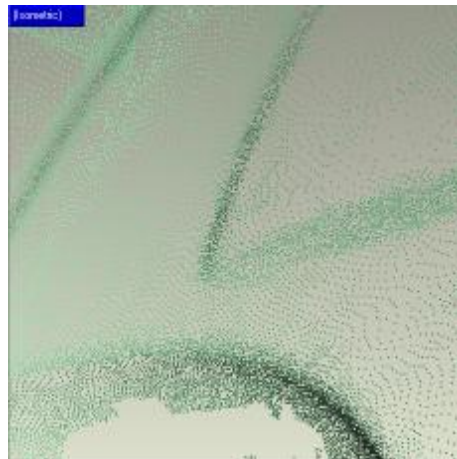
a. 放指针在视图区域，按压不放鼠标中键或按压 **CTRL+鼠标右键**。

b. 拖动视图区域内指针。注意对象将旋转。

c. 用 **鼠标滚轮**或 **SHIFT+鼠标右键**来放大缩小。

指针的位置控制着缩放的中心。


d. 用 **ALT+鼠标右键**来平移视图。



近看着色点云

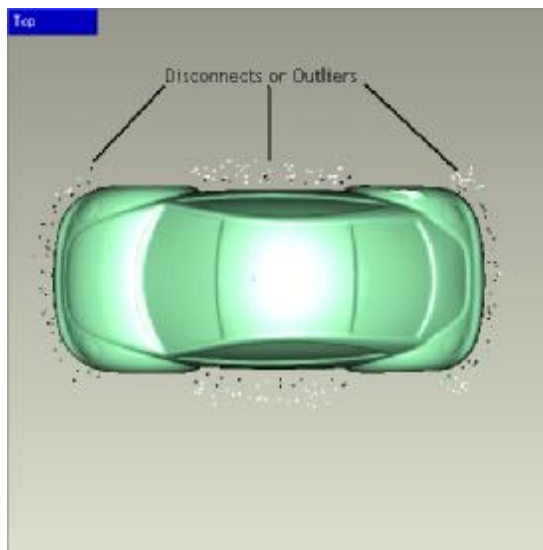
3. 重载视图区域以致整个对象能被查看。

a. 点击 **View 视图 > Fit Model to View 将整个模型投影到视窗中** 或点击 **Fit**

**Model to View 将整个模型投影到视窗中** 图标  来拟合对象视图大小到目前视图框中，也可以用 **CTRL+D** 来快速执行这个功能。

## 净化点数据


扫描时你可能无意地扫描了背景物体，如桌面、墙、固定装置等等。你将需要移除这些偏离点，也就是可能在对象周围存在**体外孤点(outliers)**。这些点能够被识别远离主点云但不代表我们想保留的任何几何形状。



不连接项 和 体外孤点

1. 可以用选择工具来手动移除游离点，如用 **Rectangle Tool 矩形工具**，**Ellipse Tool 椭圆工具**，**Paintbrush Tool 画笔工具**，或 **Lasso Tool 套索工具**。

a. 点击 **View 视图** > **Predefined Views 预定义视图** > **Front View 前视图** 或

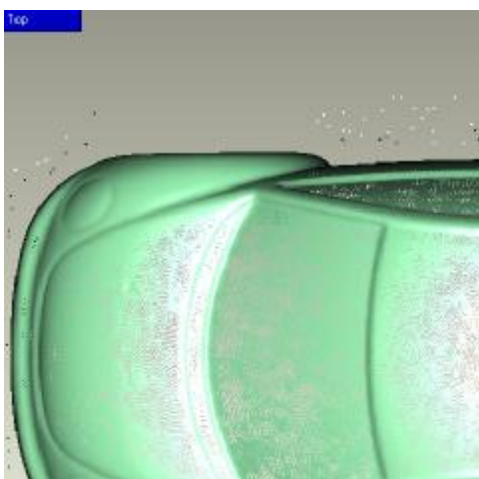
点击 **Front 前视图** 图标 .

- b. 用一个选择工具来手动选择这些体外孤点。

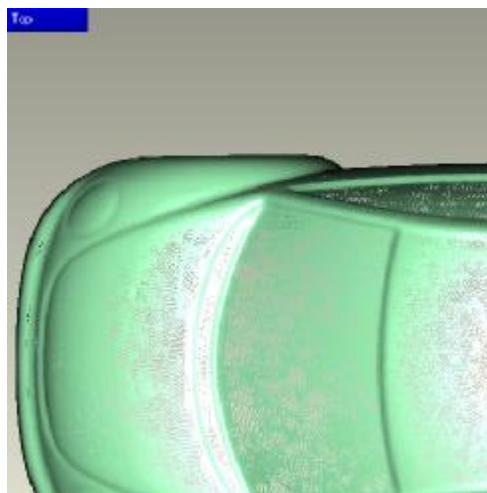
如果你选中了你不希望选择的点，那么按住 **CTRL** 键不放重新选择不想要的点就可以取消它们的被选中状态。

- c. 点击 **Points 点** > **Erase 擦除** 或点击 **Erase 擦除** 图标 .

你也可以用键盘上的 **DEL 删除键** 来删除高亮对象。

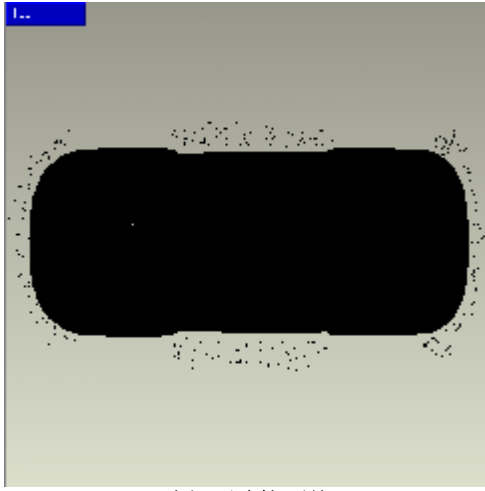


擦除前

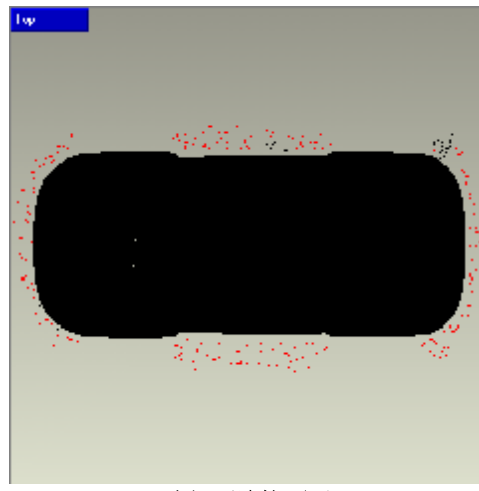


擦除后

2. 代替手工选择游离点。你可以让软件自动探测体外孤点。为了更好的观察选中了那些点，关闭着色。(View 视图 > Shading 着色 > Unshade Points 取消点阴影绘制)



选择不连接项前



选择不连接项后

- a. 按压 **Ctrl+Z** 或点击 **Edit 编辑 > Undo 撤销** 来取消前一次删除，这将重载你最后一次删除的点。



**警告**

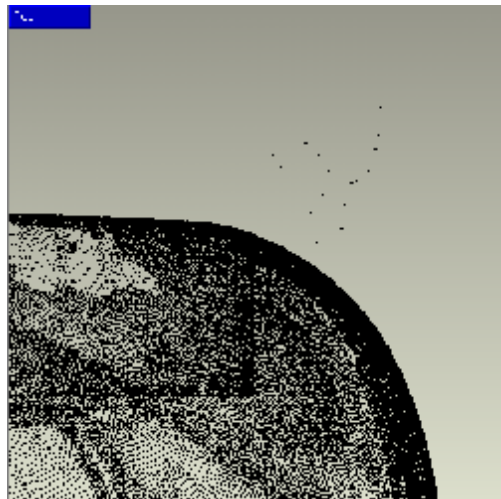
你只能执行一步撤销命令。

- b. 按压 **CTRL+C** 或点击 **Edit 编辑 > Clear All 全部清除** 来取消选择所有高亮点。
- c. 点击 **Edit 编辑 > Select 选择 > Disconnected Components 与主体分离**

部分或点击 **Select Disconnected 选择不相连的项** 图标 .


- d. 改变 **Separation 分隔** 从 **Medium 中间** 到 **Low 低**。  
这样系统会选择在拐角处离主点云很近但不属于它们一部分的点。
- e. 点击 **OK 确定**。
- f. 点击 **Points 点 > Erase 擦除** 或点击 **Erase 擦除** 图标。  
你也可以用键盘上的 **DEL 删除键** 来删除高亮对象。

3. 对象里仍然存在一些体外孤点。你将用其他功能来移除一些体外孤点。

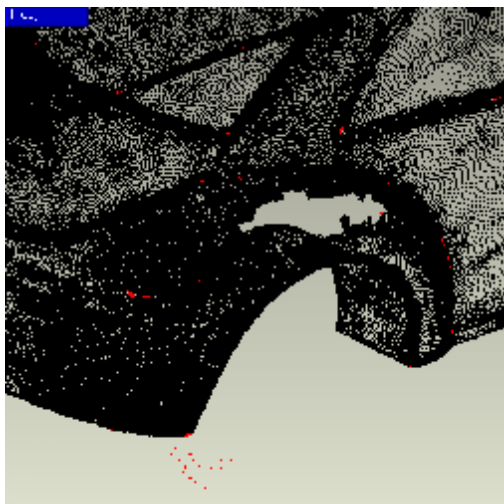


剩余的游离点


- a. 点击 **Edit 编辑** > **Select 选择** > **Outliers 体外孤点** 或点击 **Select Outliers**

选择体外孤点图标 .

- b. 改变 **Sensitivity 敏感性** 到 **85.0**。  
这样将选中残留的偏离点。这个值被设置的非常有效地(接近 100.0)捕获体外孤点。



选中的体外孤点 - 被高亮成红色

- c. 点击 **OK 确定**。
- d. 点击 **Points 点** > **Erase 擦除** 或点击 **Erase 擦除** 图标 。  
你也可以用键盘上的 **DEL 删除键** 来删除高亮对象。



## 备份当前文件

在执行下一步操作之前最好备份当前文件。这将提供给你一个新的开始点以致你不必重复前面的步骤如果你想在后面的步骤中尝试其他的设置。

1. 备份当前文件。
  - a. 点击 **File 文件** > **Save As 另存为**。
  - b. 浏览到你具有写权限的文件夹中 **C:\temp**。
  - c. 输入一个新文件名 **car-001.wrp**。
  - d. 点击 **Save 保存**。

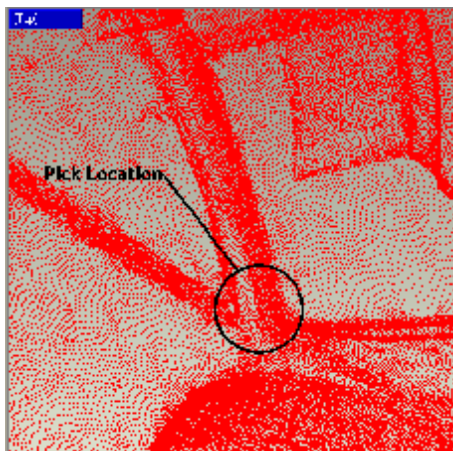
## 减少噪音点 Reduce Noise

通常地，在扫描过程中，噪音点被引入数据里。在一个曲面对象中粗糙的、不均匀的表现就是噪音点数据，产生的原因有如下几种，扫描设备的轻微震动，不精确的扫描校准，或被扫描物体表面准备处理不好。为了减少这些噪音点，你将用一个叫 **Reduce Noise 减少噪音** 的命令。

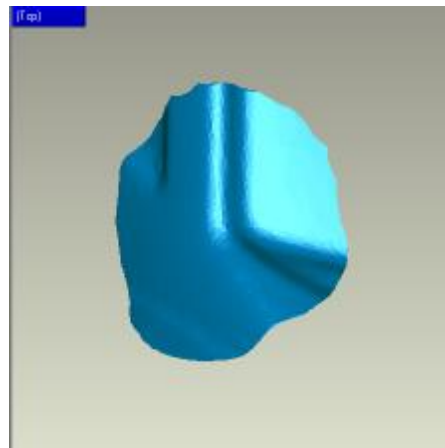
1. 为了可视化扫描中噪音点的数量，你需要 **wrap 封装对象**(创建多边形网格)，减少噪音命令已有一个预览的新功能。
  - a. 点击 **Points 点** > **Reduce Noise 减少噪音** 或点击 **Reduce Noise 减少噪音** 图标 。  
图标 .
  - b. 选中 **Free-form shapes 自由格式形状** 选项。  
如果你的对象有棱边或很小的特征，那么用其他的选项。



- c. 移动 **Smoothness Level 平滑级别** 滑杆到 **None 无**。  
这说明你将不对对象作噪音减少的应用。你这样做是为了看当前对象如何，是否需要减少噪音。
- d. 勾中 **Preview 预览** 选项。预览框展开显示了更多设置。
- e. 定义 **Preview Points 预览点** 为 **3000**。这代表被封装和预览的点数量。
- f. 取消勾中 **Sampling 取样** 选项。  
如果这个选项被勾中，那么预览将显示一个应用了采样的结果。什么是采样 (Sample)? 采样就是减少对象的点数量然而保持零件的精确表示。
- g. 用指针在模型上选择一个区域来预览。(图片显示一个靠近 **A** 支撑梁的区域)



选取位置



预览结果

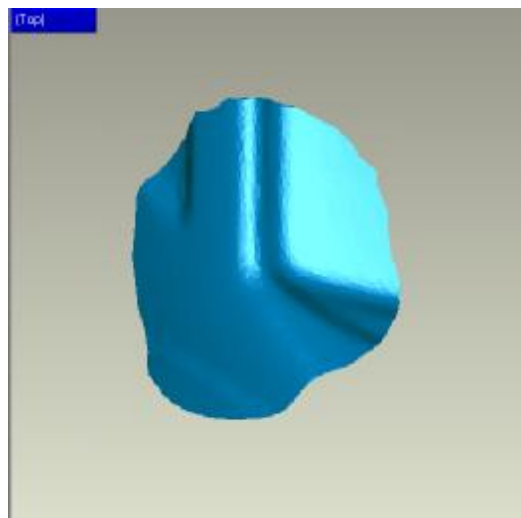
## 2. 参看噪音减少后的预览区域。

- a. 移动 **Smoothness Level 平滑级别** 滑杆一格。  
注意所选区域更新显示了这个设置将如何影响对象。
- b. 调节滑杆直到 **Max 最大值**，注意每一格都会改变结果。

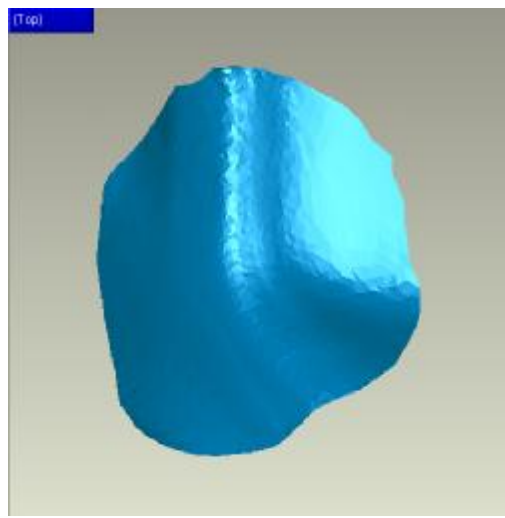


**注意**

**Max 最大值** 可能出现最好的结果，但是最好看看其他区域可能如果变化。一些特征可能被去除。

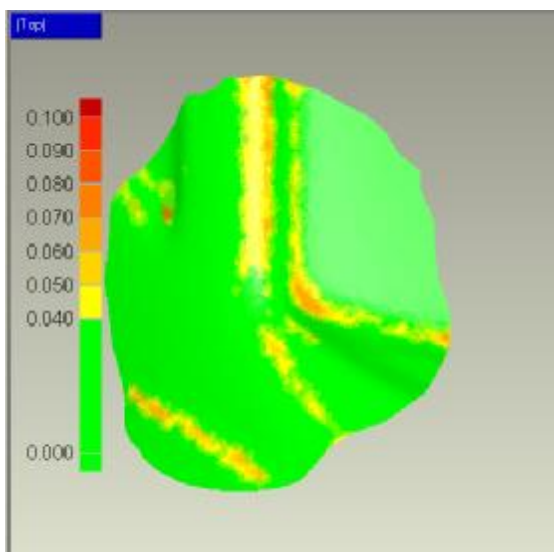


最小设置

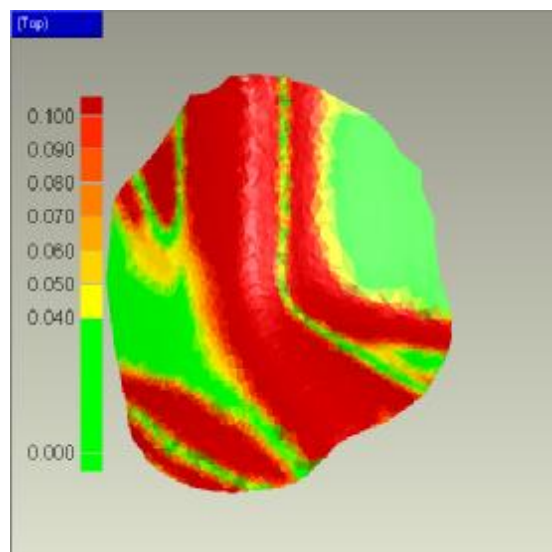


最大设置

3. 为了更好的了解改变 **Smoothness level** 平滑级别对对象改变的程度，打开 **Deviation Display** 显示偏差可在一个色谱图中动态查看改变程度。
  - a. 勾选 **Display Deviation** 显示偏差对话框。
  - b. 定义 **Max Positive** 最大值 正数为 **0.1 in**。按压 **Enter** 回车键更新显示。
  - c. 定义 **Min Positive** 最小值 正数为 **0.04 in**。 按压 **Enter** 回车键更新显示。
  - d. 调节 **Smoothness Level** 平滑级别查看对对象的影响。



最小设置



最大设置


4. 重复前面步骤直到你满意地了解当前对象状态及知道是否需要减少噪音。
5. 这个对象看上去很好，因此不需要再做任何噪音减少。让我们退出这个命令吧。
  - a. 点击 **Cancel** 取消。

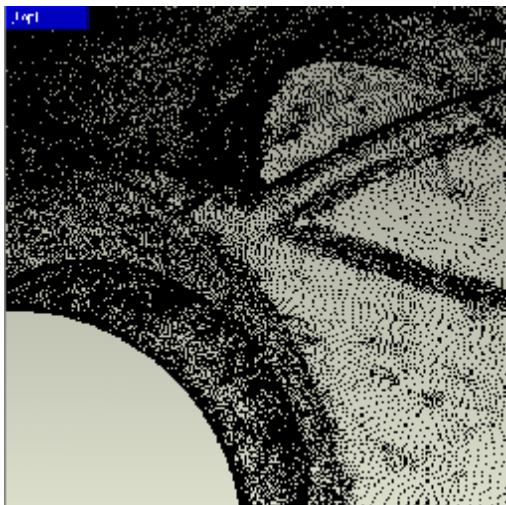
## 备份当前文件

参考前面步骤备份当前文件名为 **car-002.wrp**。

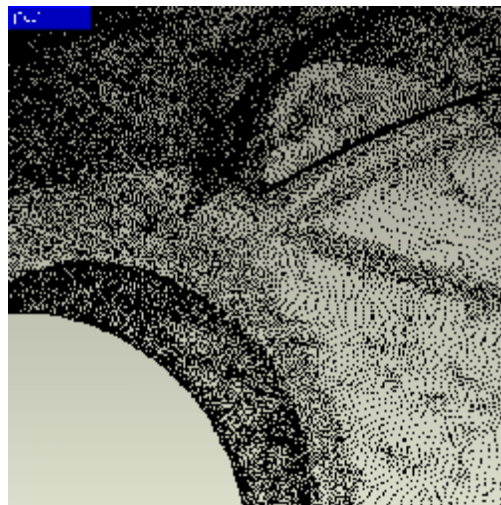
## 统一取样 *Uniform Sample*

当处理扫描点数据时，你用采样来减少对象中的点数量，然而保持零件的精确表示。用无序数据，你将用统一取样来减少点的数量并组织点，因此当封装时他们粗略地产生了相同尺寸的三角片。

1. 在当前对象上减少点数量。
  - a. 点击 **Points** 点 > **Uniform Sample** 统一采样 或点击 **Uniform Sample** 统一采样 图标 。
  - b. 点击 **Absolute** 绝对 选项。(缺省设置)
  - c. 定义 **Spacing** 间距 值为 **0.20 in**。  
目前近似有 **317000** 个点。这个值将减少点数量到近似 **222000** 个点。
  - d. 点击 **Apply** 应用。



采样前




采样后

e. 点击 **OK 确定** 接收结果。

## 封装 **Wrap** – 创建多边形网格

一旦点对象被净化和条理化，那么就用多边形网格(**polygon mesh**)来封装对象。

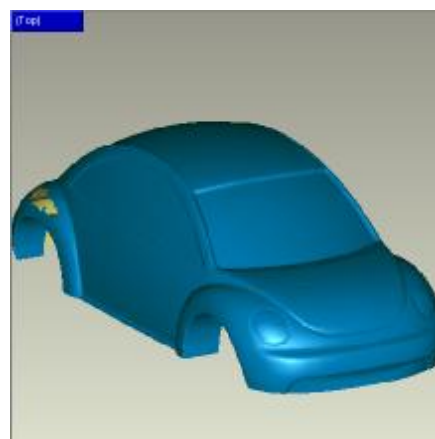
1. 在点对象上创建多边形网格。

- a. 点击 **Points 点** > **Wrap 封装** 或点击 **Wrap 封装** 图标 .
- b. 点击 **Surface 曲面** 选项。(缺省设置)
- c. 点击 **OK 确定** 来产生多边形网格。

一个多边形网格在点对象上被创建，在 **Model Manager 模型管理器**里一个新对象被创建。



模型管理器里的多边形对象

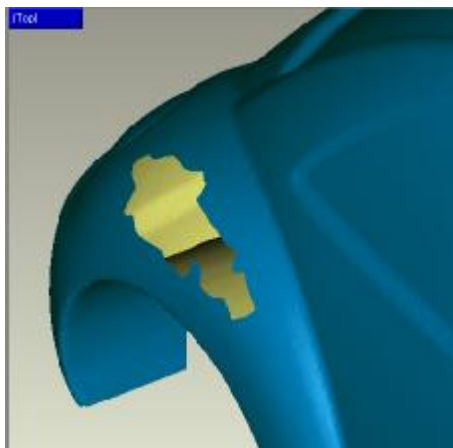


多边形对象

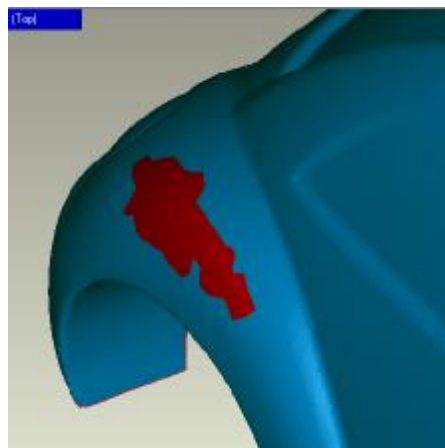


## 填充孔 Fill Holes

用填充孔功能在缺失数据的区域里来创建一个基于曲率的填充(curvature-based filling)或一个平面(flat fill)填充。你能够执行全部填充、部分填充和桥填充。



缺失数据 - 孔



填充后

1. 在 **多边形** 对象上填充所有孔。

- a. 点击 **Polygons 多边形** > **Fill Holes 填充孔** 或点击 **Fill Holes 填充孔** 图标

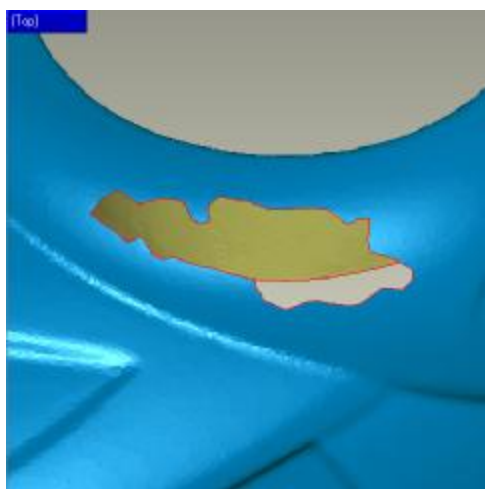


- b. 点击 > **Next 下一步** 按钮来遍历对象上所有的孔。

在这个模型上有两个孔，但是其中一个(1/2)是对象底部的大开口。你将不填充这个孔。转到第二个孔。

- c. 点击 **Fill 填充** 图标

- d. 点击孔的**红色边界**。



孔边界

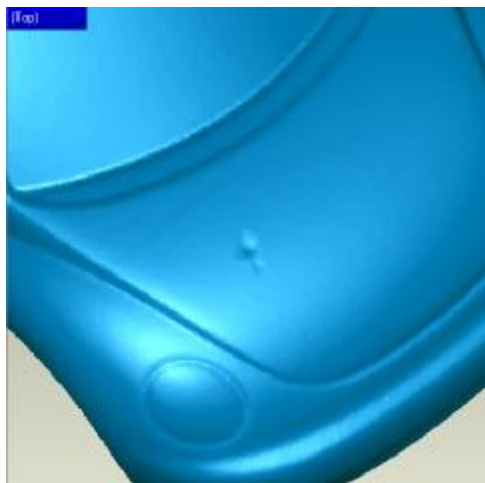
孔被用基于曲率(curvature-based)的方式填充，如果你想以平面填充，那么在点击孔边界前，取消选中 **Curvature-Based Filling 基于曲率的填充** 选项。然后点击孔边界。

- e. 点击 **OK 确定** 来退出命令。

## 去除特征 Defeature – 肿块和压痕

**Defeature 去除特征**是一个命令允许你快速去除对象上的肿块和压痕。这个命令减少了先删除选中的几何形状再基于曲率的填充空隙的步骤。

1. 用 **CTRL+D** 拟合对象显示大小到视图区域。
2. 用旋转、缩放或平移等命令使视图如下显示。



显示引擎盖上的压痕

3. 用选择工具如 **Lasso Tool** 套索工具来选取引擎盖上的压痕。



套索工具



选取的多边形

4. 从选取的多边形上去除压痕。
  - a. 点击 **Polygons 多边形 > Defeature 去除特征** 或点击 **Defeature 去除特征**

图标 。



去除特征前



去除特征后

5. 取消选中所有已选中的多边形。
  - a. 点击 **Edit 编辑 > Clear All 全部清楚** 或按压 **CTRL+C**。


## 砂纸 Sandpaper – 去除肿块

用 **sandpaper 砂纸** 命令来交互式光顺或松弛对象上的区域。(如：去除肿块)

1. 用 **CTRL+D** 拟合对象显示大小到视图区域。
2. 用旋转、缩放或平移等命令使视图如下显示。



显示车顶上的肿块

3. 用 **Sandpaper 砂纸** 命令来擦除肿块。
  - a. 点击 **Polygons 多边形** > **Sandpaper 砂纸** 或点击 **Sandpaper 砂纸** 图标 .
  - b. 选中 **Relax 松弛** 选项。(缺省设置)
  - c. 移动 **Strength 强度** 滑杆到 **Max 最大值**。  
这个特征决定你必须在区域上移动指针多少次。为了移除肿块 **Min 最小值** 要求较多的擦拭而 **Max 最大值** 要求较少的擦拭。
4. 放置指针在需要光顺的对象区域上。
  - a. 按压不放鼠标左键，在肿块上方拖动指针。  
当你在肿块上方移动指针，你将看到一个覆盖圆框会根据下面覆盖的网格(mesh)放大或缩小。



砂纸 - 覆盖圆框

- b. 一旦你满意你的打磨就点击 **OK 确定**。

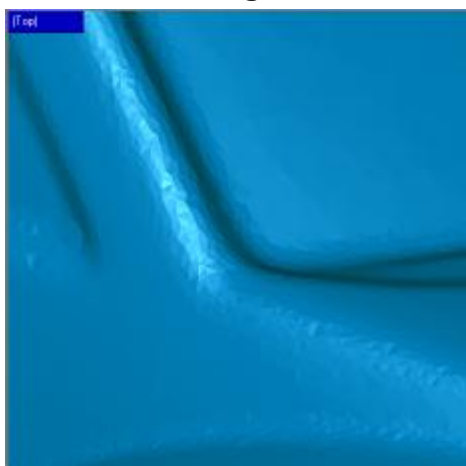
## 简化多边形 **Decimate** – 减少三角片数量

你将用 **Decimate 简化多边形** 命令来减少多边形模型的三角片数量。**Decimate 简化多边形** 将在曲率较小的区域减少三角片而在曲率较大的区域保持三角片的数量。

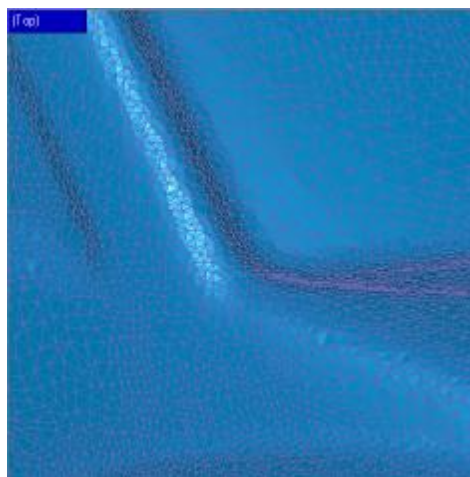
1. 用 **CTRL+D** 拟合对象显示大小到视图区域。
2. 通过显示三角片边界来显示当前三角片结构。

a. 选择 **Primitives Panel 基本体素** 标签 .

b. 选中 **Edges 边** 选项。



没有显示边



显示边

3. 减少三角片的数量但保持对象的形状。

a. 点击 **Polygons 多边形** > **Decimate 简化多边形** 或点击 **Decimate**

**Polygons 简化多边形** 图标 .

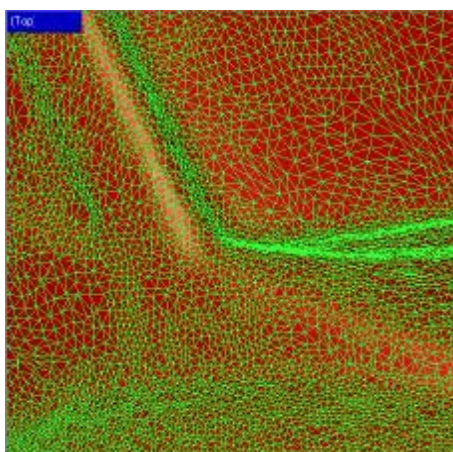
b. 选中 **Shape Preservation 形状保持** 选项。(缺省设置)

c. 定义 **Target Triangle Count 目标三角形计数** 为 **125000**。

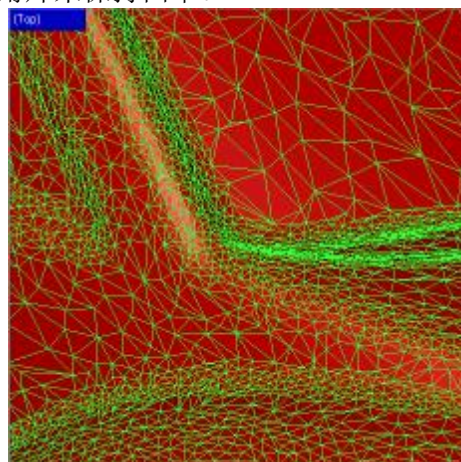
这将减少三角片数量到原来数量的 20% ( $444229 > 125000$ )

d. 点击 **Apply 应用**。

对象更新基于新三角片数量。注意更新后三角片边的显示。较低曲率的区域有较大的三角片而较高曲率的区域有较小的三角片来保持曲率。



简化多边形前



简化多边形后

e. 点击 **OK 确定**。

4. 在 **Primitives Panel** 基本体素 标签页上取消选中 **Edges 边** 选项，去除显示三角片边。
5. 用 **CTRL+C** 取消选中当前的几何形状并用 **CTRL+D** 拟合模型显示大小到视图。

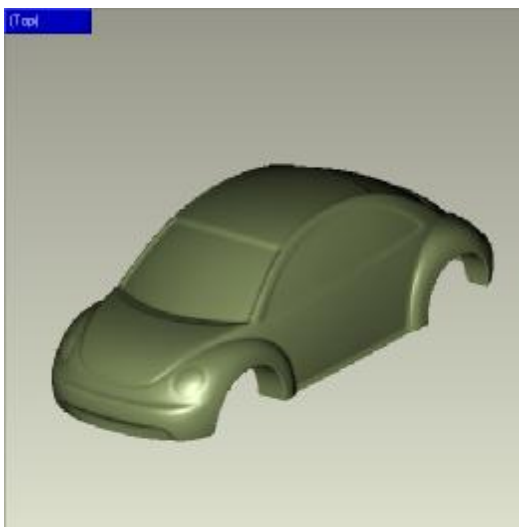
## 备份当前文件

参考前面步骤备份当前文件名为 **car-003.wrp**。

## 创建 NURBS 曲面

一旦已对多边形模型编辑来修复好了任何不完美处和孔，那么可以进入下个阶段了。这就是 **Shape Phase 形状阶段**，在这个阶段里你将在多边形对象上创建 **NURBS 曲面**。

1. 进入 **Shape Phase 形状阶段** 来开始曲面拟合过程。
  - a. 点击 **Edit 编辑 > Phase 阶段 > Shape Phase 形状阶段** 或点击 **Shape Phase 形状阶段** 图标 。
  - b. 点击 **OK 确定** 进入 **Shape Phase 形状阶段** 对话框。  
这个将创建一个新的曲面片(patch)分布图，曲面也将被拟合。
2. 用 **Auto Surface 自动曲面** 来在多边形对象上拟合一个曲面。
  - a. 点击 **Patches 曲面片 > Auto Surface 自动拟合曲面** 或点击 **Auto Surface 自动曲面** 图标 。
  - b. 移动 **Surface Detail 曲面细节** 滑杆到 **Max 最大**。  
这个设置将决定在多边形对象上最终曲面将包含的细节数量。(将使用控制 **Grids 格栅** 和 **Control Points 控制点** 的数量。)
  - c. 点击 **Apply 应用**。  
这将开始一个共 **11** 步的处理过程，在多边形对象上拟合一个曲面。
  - d. 点击 **OK 确定** 来接受结果。



NURBS 曲面结果



## 输出曲面

一旦你有一个曲面化的模型，你就可以把这个曲面数据输入到你的 CAD 或 CAM 系统中。有很多格式可以支持，包括 IGES，STEP，和 VDA。全部格式列表，可以看 **Save As 另存为** 对话框中罗列出的格式。

1. 输出曲面为 IGES 文件。

- a. 放置指针到 **Model Manager 模型管理器** 中的 **shape** 形状对象。



模型管理器

- b. 点击鼠标右键。弹出一个菜单。
- c. 选择 **Save 保存** (**Save As 另存为** 对话框出现)。
- d. 指定到一个你有写权限的文件夹中。
- e. 输入一个新名字 **car\_surfaces**。
- f. 选择文件保存类型为 **IGES 文件 (\*.igs)**。
- g. 点击 **Save 保存**。