





犀牛(Rhino 4.0)及插件 RhinoResurf、RhinoPhoto的 NURBS曲面逆向建模方法

主讲:李卫国(RhinoResurf开发小组)

联系: wli@resurf3d.com

网页: http://www.resurf3d.com

本次讲课主要内容

- NURBS曲面的概念;
- ■犀牛(Rhino 4.0)软件中的NURBS曲面逆 向建模方法;
- ■应用Rhino软件及其插件工具进行逆向 建模的实例。

NURBS曲线曲面的广泛应用

- NURBS曲线和曲面是几何形状在计算机中数字化表达的基础,是几何实体表达的基本面元素;
- NURBS曲线曲面已经成为几何形状计算机表达的标准,成为UG,PRO/E,CATIA,SolidWorks等各软件的几何数据交换接口,如IGS文件格式和Step文件格式;
- CAD/CAE/CAM软件都采用NURBS为几何实体表达的主要的形式;
- B-样条曲线曲面,Bezier曲线曲面是NURBS曲线曲面的特别类型;

NURBS曲线和曲面的定义

B样条曲线方程为:

$$\mathbf{p}(u) = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{d}_{i} N_{i,K}(u)$$
 其中 \mathbf{d}_{i} , $i=0$, 1,, n为控制顶点

 $K次规范B样条基函数N_{i,K}(u)$ (i=0, 1, ..., n) 定义如下:

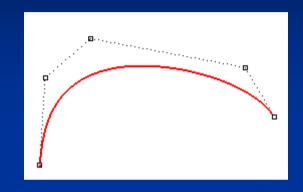
$$\begin{cases} \mathbf{N}_{i,0}(\mathbf{u}) = \begin{cases} 1 & \mathbf{u}_{i} \leq \mathbf{u} \angle \mathbf{u}_{i+1} \\ 0 & 其它 \end{cases} \\ \mathbf{N}_{i,K}(\mathbf{u}) = \frac{\mathbf{u} - \mathbf{u}_{i}}{\mathbf{u}_{i+K} - \mathbf{u}_{i}} \mathbf{N}_{i,K-1}(\mathbf{u}) + \frac{\mathbf{u}_{i+K+1} - \mathbf{u}}{\mathbf{u}_{i+K+1} - \mathbf{u}_{i+1}} \mathbf{N}_{i+1,K-1}(\mathbf{u}) \\ \\ 规定 \frac{0}{0} = 0 \end{cases}$$

μ_i (i=0, 1, ..., n) 是对应于给定数据点的节点参数。

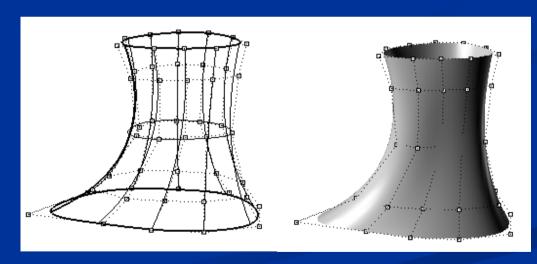
曲面:
$$\mathbf{p}(u,v) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \mathbf{d}_{i,j} N_{i,K}(u) N_{j,L}(v)$$
 其中 $\mathbf{d}_{i,j}$, $i = 0, 1,, n为$

NURBS曲线曲面的例子

■ NURBS曲线



■ NURBS 曲面



NURBS 曲线/曲面 形状由它的控制点(权重),节点向量及次数决定。

利用NURBS曲线曲面对扫描 点进行参数化重构

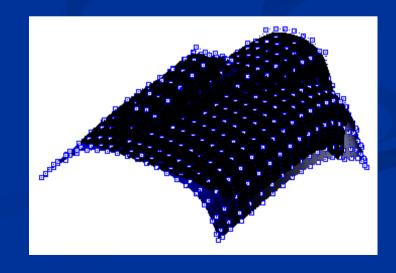
■曲线拟合





■曲面拟合





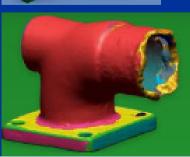
随着数字化需求的增加,NURBS曲 面逆向建模的应用机会在增多

■ 扫描设备的增多: 海克斯康, NextEngine, Faro, 天远 等扫描仪,扫描数据为点云或三角网格;

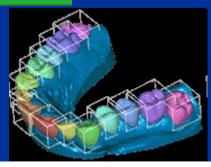
■ NURBS逆向建模不仅应用于航空,汽车等工业领 域,也应用于医学,考古,建筑,艺术,勘探,

军工等需要数字化的领域。





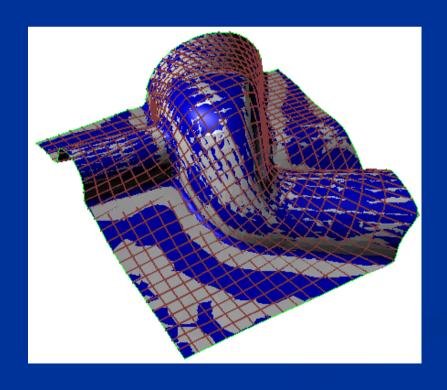


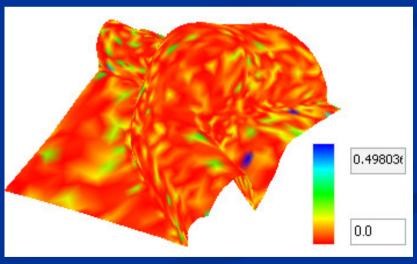




NURBS曲面逆向建模的要求(1)

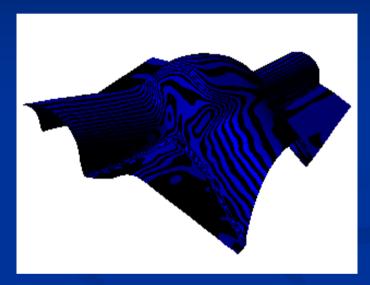
■ 逆向建模的精度要求。这个精度指测量点投影 到重构曲面的距离偏差值,一般用最大偏差值 来度量。

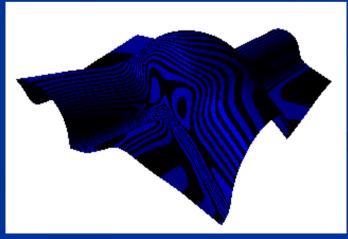




NURBS曲面逆向建模的要求(2)

曲面的光滑要求。 (曲面的光滑性与 曲面精度的矛盾: 曲面越光滑,精度 会降低; 曲面精度 越高,光滑度降低。 因此在构建过程将 由用户取舍, 获得 最好的结果)



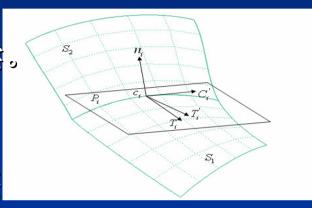


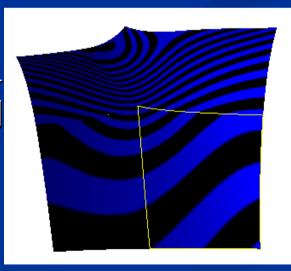
NURBS曲面逆向建模的要求(3)

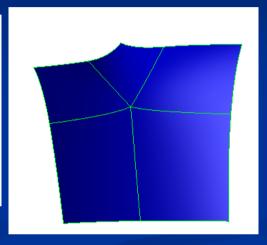
曲面块之间的高阶连续。

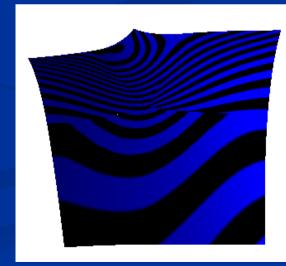
曲面G1连续是什么? (两曲面在公共交线处 具有相同法线方向,则 称G1连续)

怎样利用斑马线查看曲面的G1连续性?(线条连续处为G1连续,否则不是)

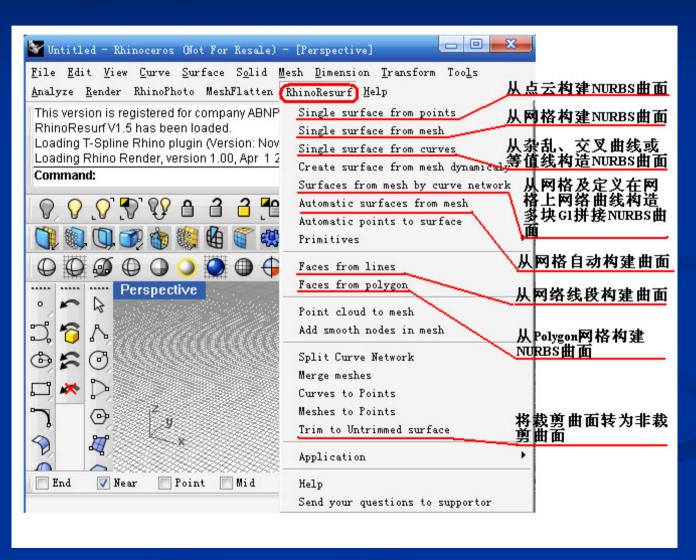








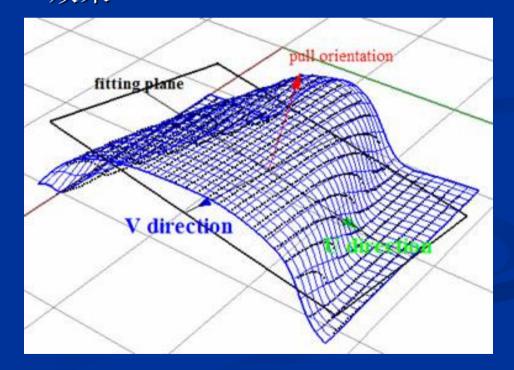
Rhino软件中的NURBS曲面逆向建 模工具RhinoResurf



RsPoints2Surf:从云点构建NURBS曲面— —工作原理(1)



工作原理: 寻找一个合理的拉伸 投影面。能自动计算合理拉 伸方向, 也可以由用户给定 新的拉伸方向查看最佳曲面。 效果



RsPoints2Surf:从云点构建NURBS曲面——参数说明(2)



- 拉伸投影方向;
- 给定曲面的控制点数目或曲面次数;
- 给定最大偏差阀值;
- 选定曲面的光滑度级别;
- 傻瓜界面,可以直接按下"应用"按钮自动重构曲面;
- 不停地按下"应用"按钮获得更高精度



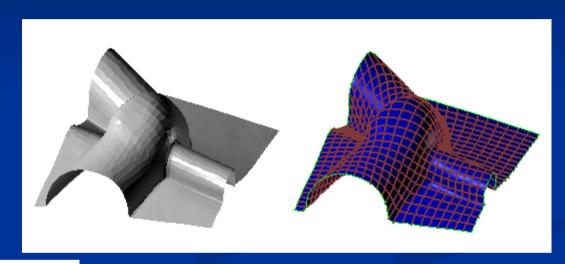
RsMesh2Surf:从网格构建NURBS曲面(1)

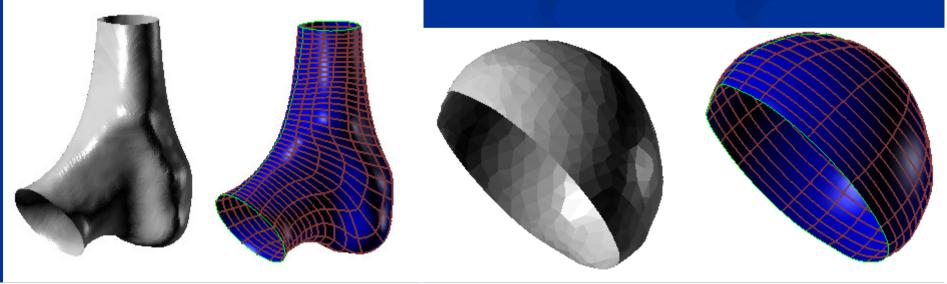


- 根据网格的不同拓扑形状重构曲面;
- 设置曲面控制点数目以调节曲面质 量;
- 曲面重构的精度控制参数;
- 曲面的光滑控制级别;
- 裁掉多余的曲面边界;
- 曲面误差分析;
- 傻瓜界面,可以直接按下"应用"按钮 自动重构曲面;
- 不停地按下"应用"按钮获得更高精度

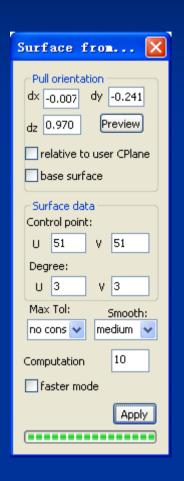
RsMesh2Surf:从网格构建NURBS曲面 (2)——曲面拓扑形状选项

- 平面拓扑
- ■柱状拓扑
- ■半球拓扑
- ■四边约束

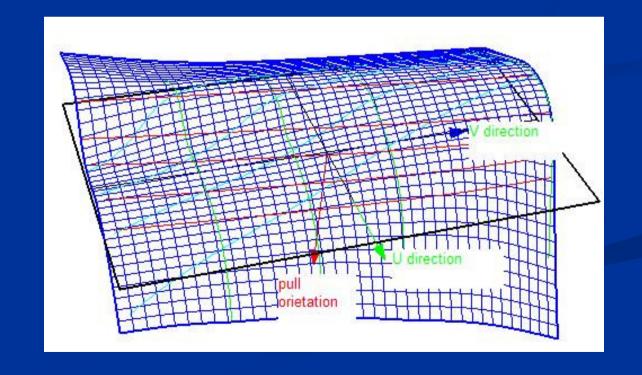




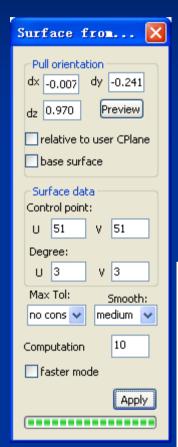
RsCurves2Surf:从杂乱、交叉曲线或等高线构建 NURBS曲面——工作原理(1)



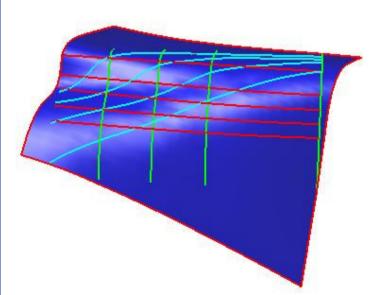
工作原理: 寻找一个合理的拉伸投影面。能自动计算合理拉伸方向, 也可以用户给定新的拉伸方向查看最佳曲面效果

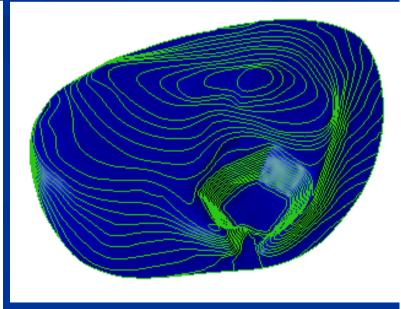


RsCurves2Surf:从杂乱、交叉曲线或等高线构建NURBS曲面(2)



- 拉伸投影方向;
- 给定曲面的控制点数目或曲面次数;
- 给定最大偏差阀值;
- 曲面的光滑度级别;
- 傻瓜界面,可以直接按下"应用"按钮自动重构曲面;
- 不停地按下"应用"按钮获得更高精度



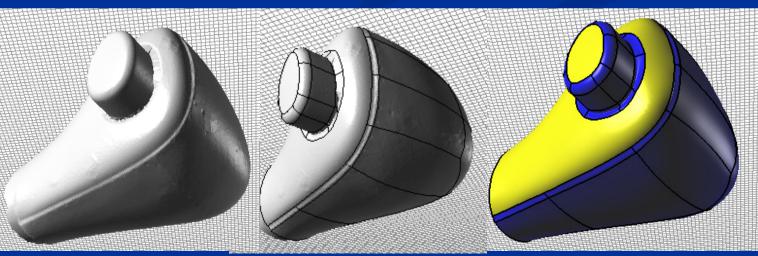


RsMesh2Surfs:从网格及定义在网格上的网络曲线构建多块G1拼接NURBS曲面(1)

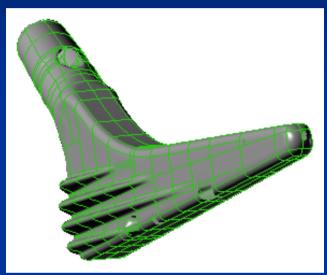


工作原理:

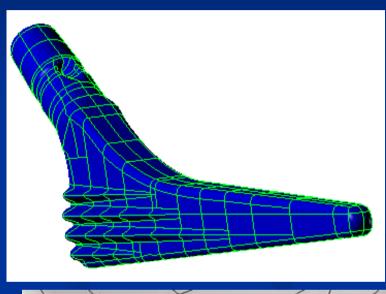
- 1,利用网络曲线将网格模型分块;
- 2,对每个网络子块进行NURBS曲面自动重构,并在全局范围约束曲面,使曲面块之间在公共连接线处达到G1拼接;
- 3, 可调节精度阀值和曲面光滑级别;
- 4, 可单独调节某个单一曲面;

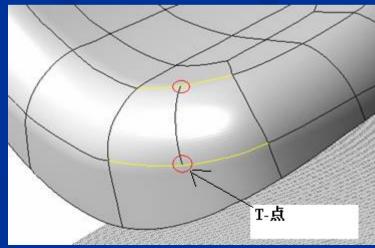


RsMesh2Surfs:从网格及定义在网格上的网络曲线构建多块G1拼接NURBS曲面——利用T-点类型布置网络曲线(2)





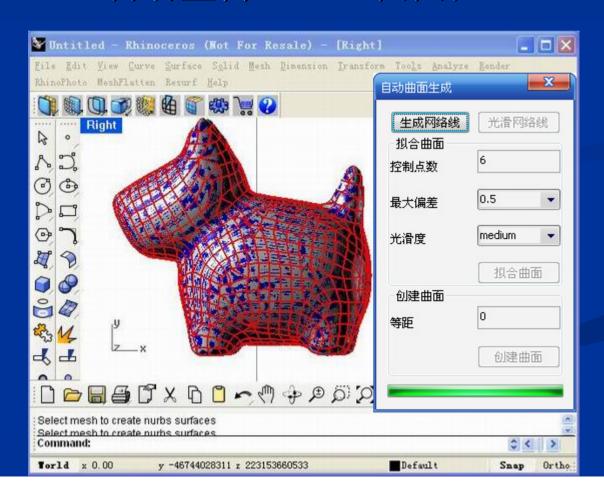




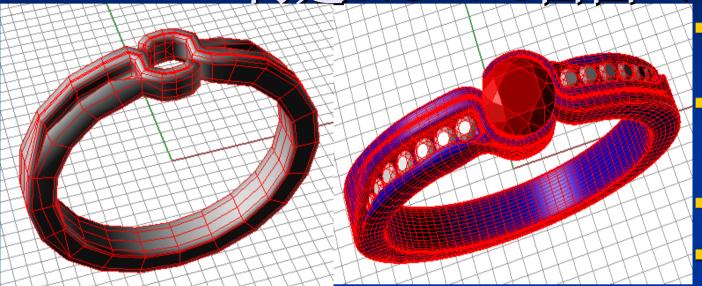
RsAutoNurbs:从网格自动构建NURBS 曲面

- 自动生成网络曲线;
- 自动重构NURBS曲面;





RsFaceFromPolygon:从Polygon网格 构建NURBS曲面(1)

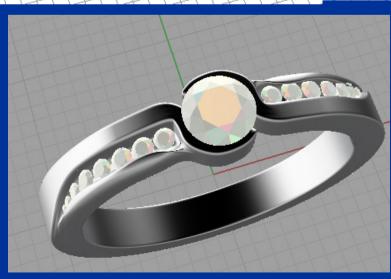


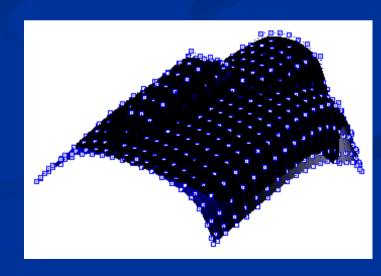
用Polygon网格做全局控制点,可以表达任意形状物体;

是单一矩形NURBS 曲面向任意形状 NURBS曲面表达式 的推广;

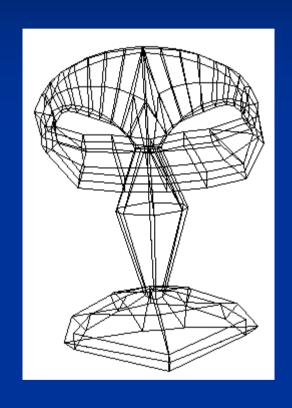
曲面连续性达到精确 G1连续;

可以将细分网格转换成NURBS曲面。





RsFaceFromPolygon:从Polygon网格构建NURBS曲面(2)——卡拉尼椅子



多边形网格定义形状



以全局多边形网格为 控制点光滑出NURBS 曲面

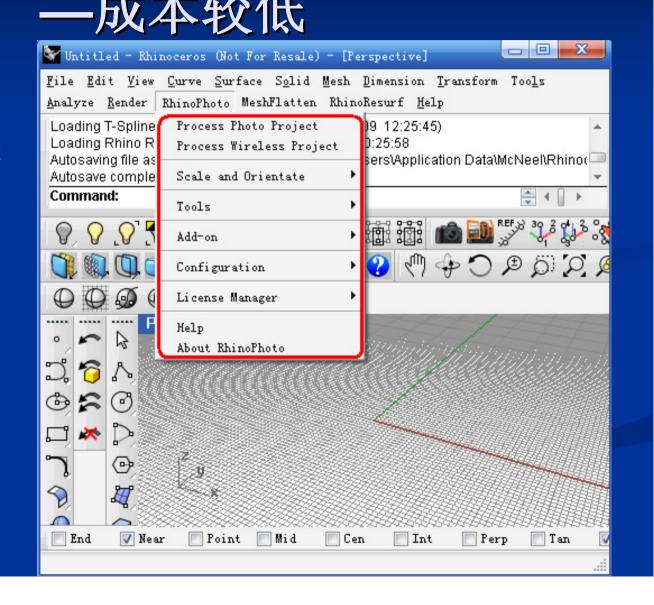


曲面具有精确G1连续

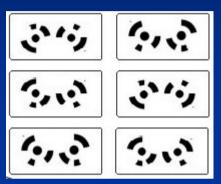
应用:利用RhinoPhoto和RhinoResurf进行逆向扫描和建模—

RhinoPhoto是Rhino的 另一个插件模块,由法国 Qualup开发,这个软件能 对用户导入Rhino的二维 数码图片进行处理,并计 算出被拍摄物体的三维坐 标点值。

RhinoPhoto和 RhinoResurf结合可以完 成逆向扫描和几何建模工 作。成本相对较低。

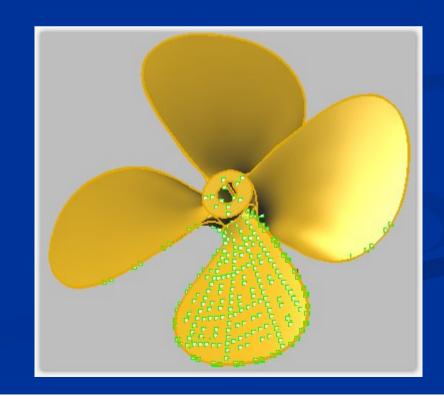


RhinoPhoto的工作流程



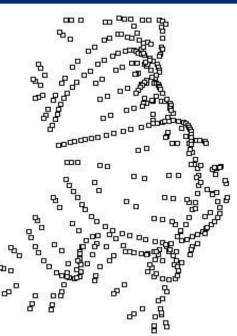
- 1,将编码点贴在拍摄目的物体上;
- 2, 对贴有编码点的目的物体多角度拍照;
- 3,把照片导入Rhino,自动计算出编码处的三维坐标点。





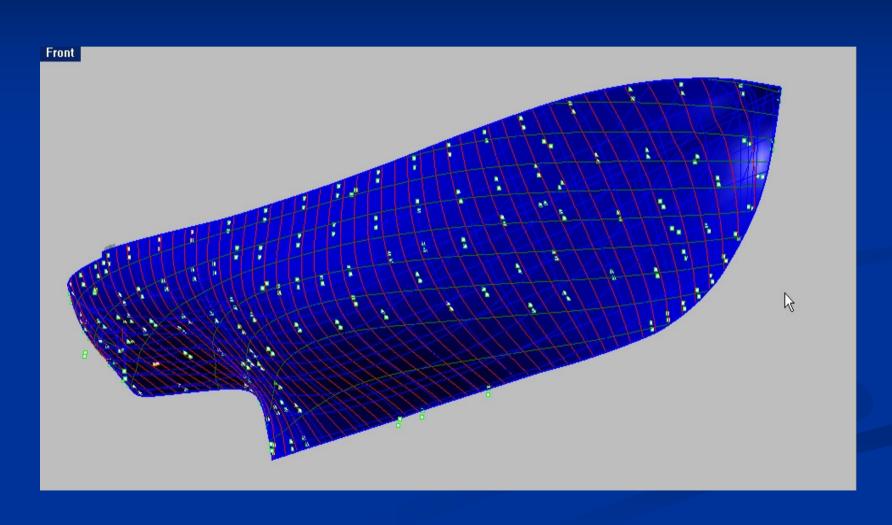
应用RhinoPhoto和RhinoResurf获取人体外形的几何实体模型(实例1)







应用RhinoPhoto和RhinoResurf获取船舶外壳的NURBS模型(实例2)





谢谢各位!