



第二章 快速成型 与三维 *CAD* 技术基础



第一节 快速成形技术原理

一、传统的去除成形法

去除成形运用分离的手段，将毛坯上多余的材料去除而成形的方法。

精度高、表面质量好，最常用。

加工周期较长，材料利用率较低，成本较高。



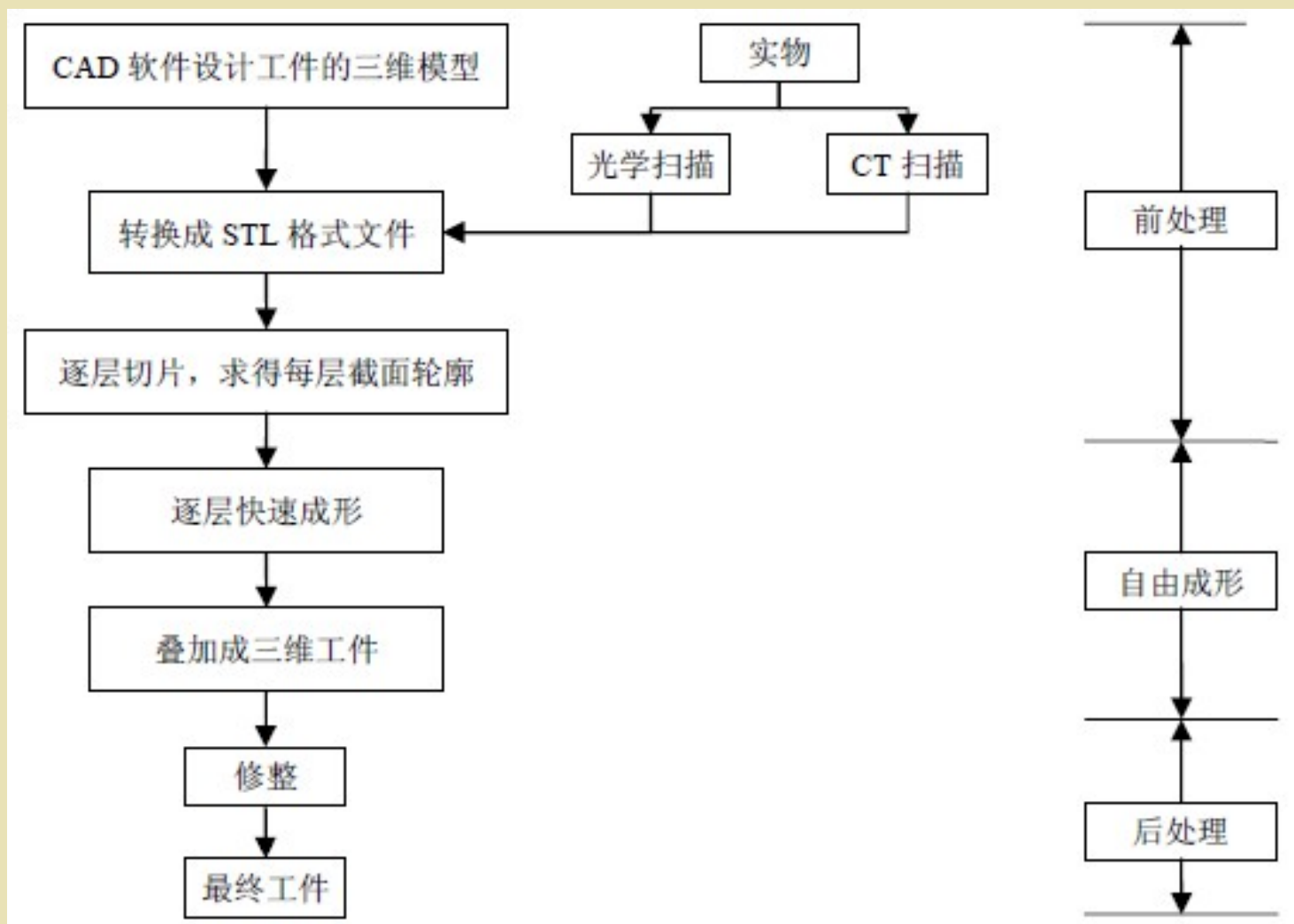
二、添加成形法

添加成形法是利用各种机械的、物理的或化学的方法，通过有序地添加材料来成形工件的方法。

三维设计模型 - 分层切片 - 二维截面轮廓 - 一层层堆积材料 - 构成三维实体

成形复杂形状的工件，材料利用率高，制造周期较短，但精度和表面品质不如去除成形好

第二节 快速成型的全过程



快速成型的全过程



第二节 快速成型的全过程

◆ 三个步骤：

第一步，前处理

模型文件的建立，近似处理和切片

第二步，自由成形

截面层的制作与叠加

第三步，后处理。

修整工作



一、三维计算机模型文件的建立

- ◆ 1、用三维 CAD 软件设计三维模型
- ◆ *UG, Pro/Engineer, solidworks* 设计三维模型，或者二维三视图转换为三维模型。
- ◆ 构造实体几何法，边界表示法，参数表达法，单元表达法。
- ◆ 常见输出格式：IGES、STEP、DXF、HPGL、STL 等



- ◆ 2、通过逆向工程建立三维模型
- ◆ 光学扫描机对已有工件扫描，得到一系列离散点的坐标，通过数据重构软件和三维 CAD 软件得到扫描工件的三维模型，这个过程常称为逆向工程，又称反求工程。
- ◆ 3、由 CT/MRI 扫描数据转换为三维模型
- ◆ 医疗领域常用的两种影象检查方法。



二、三维模型文件的近似处理和切片

◆ 1.STL 格式化处理

- ◆ 一系列的小三角形平面逼近自由曲面。
- ◆ 三角形的大小决定曲面的近似精度。
- ◆ 采用 STL 文件的原因：
 - ◆ 生成简单；输入文件广泛；分层切片算法较简单；模型易于分割。
 - ◆ 缺点：近似性，数据冗余，信息不够全面。



◆ 2. 模型文件的修改

- ◆ 对 STL 格式文件进行检查和修改

◆ 3. 模型文件的切片

- ◆ 间隔越小，精度越高，但成形时间越长。

- ◆ 间隔范围 0.05~0.5mm，常用 0.1mm



◆ 三、自由成形

- ◆ 自由成形是在快速原型机上，根据输入工件的 STL 格式文件或分层切片的结果，用添加成型工艺，按照分层制片 - 叠加成体的顺序逐层成型，直到获得三维工件。



- ◆ 四、成形件的后处理
- ◆ 1、支撑结构与工件的分离
- ◆ 手工分离，加热分离，水溶分离，溶剂分离
- ◆ 2、工件的后固化，后烧结。
- ◆ 如激光固化快速成型时仅固化靠近工件表面的一部分光敏树脂，而工件的内腔仍为液态，成型后再将成型件放置于大功率紫外光固化炉
- ◆ 3、打磨、抛光、修补和表面强化处理。
- ◆ 台阶效应和缺陷的存在，
- ◆ 表面不够光滑



第三节 三维 CAD 基本知识

一、 常见 CAD 软件

- ◆ UG
- ◆ Pro/Engineer
- ◆ SolidWorks
- ◆ CAXA
- ◆ Autodesk Inventor



二、 CAD 软件的数据交换格式

- ◆ 数据交换方法：点对点交换、星式交换
- ◆ DXF 格式： AutoCAD 系统的图形数据交换标准。
- ◆ IGES 格式：美国标准，用处广泛，可支持不同文件格式之间的转换。
- ◆ STEP 格式：国际标准化组织 ISO 制定的国际统一 CAD 数据交换标准
- ◆ STL 格式：是目前在快速成形系统中使用的主流数据格式。



三、 STL 图形文件格式

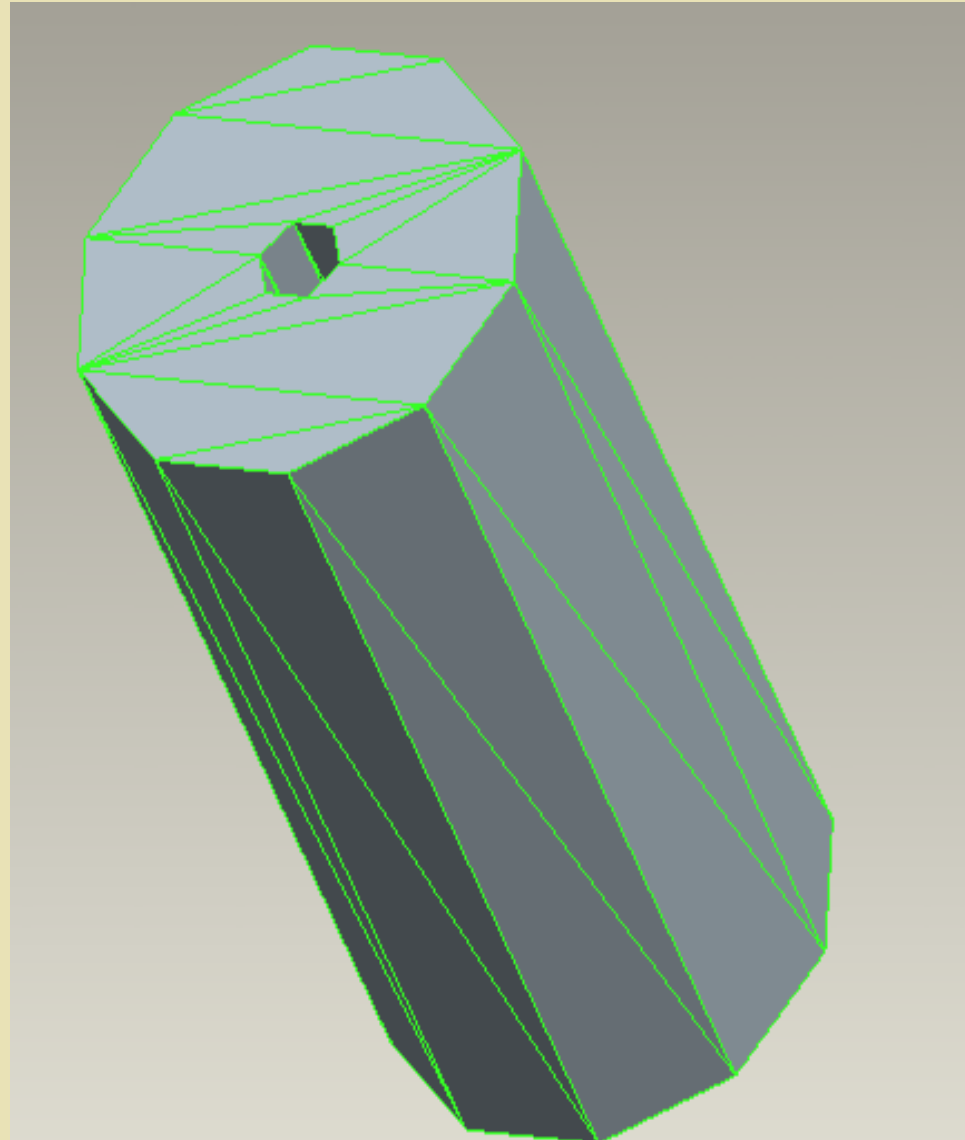
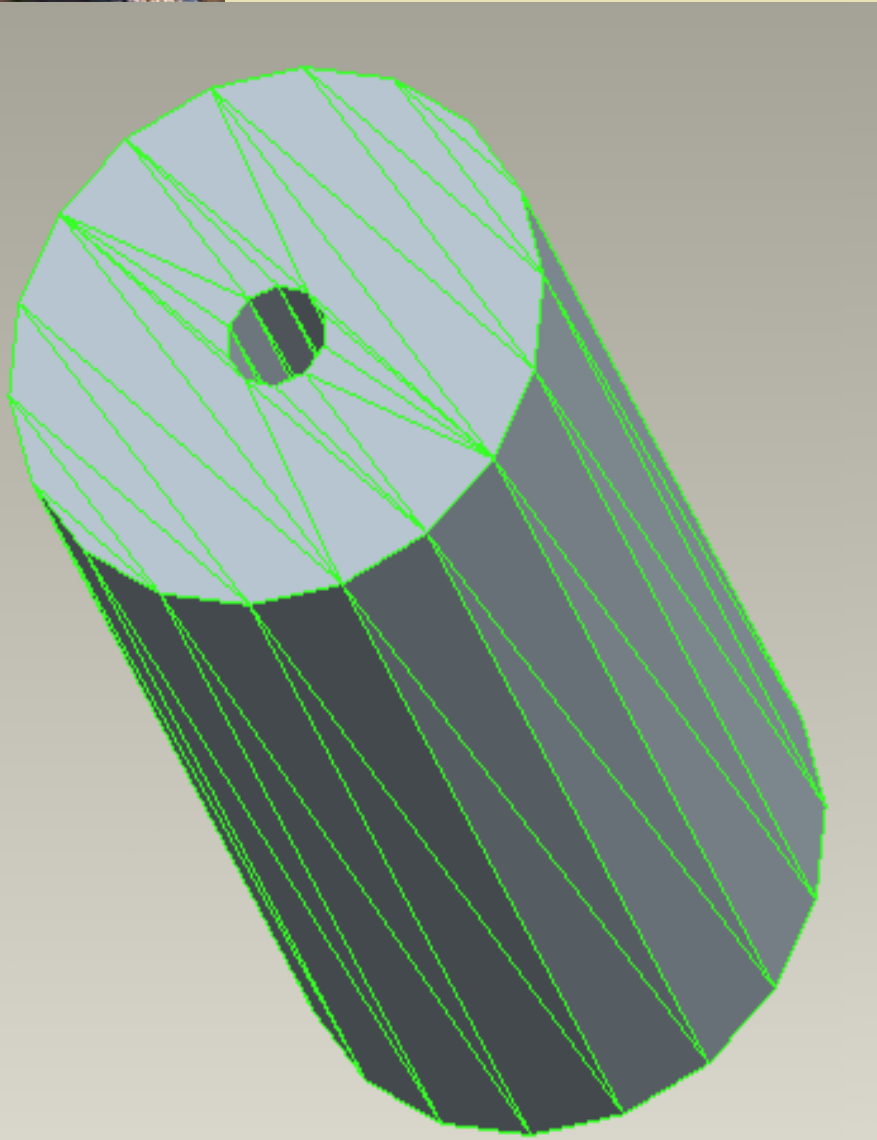
- ◆ 起源：1987 年，3Dsystems 公司对任意曲面 CAD 模型作小三角形平面近似，开发了 STL（Stereo Lithography interface specification）文件格式，并由此建立从近似模型中进行切片获取截面轮廓信息的统一方法。



- ◆ 用一系列的小三角形平面来逼近自由曲面，每一个小三角形的由三个顶点坐标（ X ， Y ， Z ）和一个法向矢量（ N ）来表示。三角形的大小可以选则，从而能得到不同的曲面近似精度。经过上述近似处理的三维模型文件，就称为 STL 格式文件。



STL 格式文件





（一） STL 格式的表达方法

- ◆ 三个顶点坐标，一个法向量

（二） STL 格式文件的输出形式和精度

- ◆ ASCII 码输出形式，也称文本格式，所占空间大，但可以阅读并能直观检查；
- ◆ 二进制码输出形式，所占空间小；

- 
- ◆ 近似精度越高，三角形就越多，数据处理时间就越长
 - ◆ 二进制码输出形式的 STL 格式文件的规模为： $(84 + 50T_n)\text{bytes}$

其中： T_n 为小三角形平面的数目

如当 $T_n=10000$ 时，二进制码输出形式的 STL 格式文件的规模为： $84 + 50 \times 10000 = 500084\text{bytes} \approx 0.5\text{MB}$

而 ASCII 码输出形式的 STL 格式文件的规模为： $6 \times 0.5\text{MB} = 3\text{MB}$

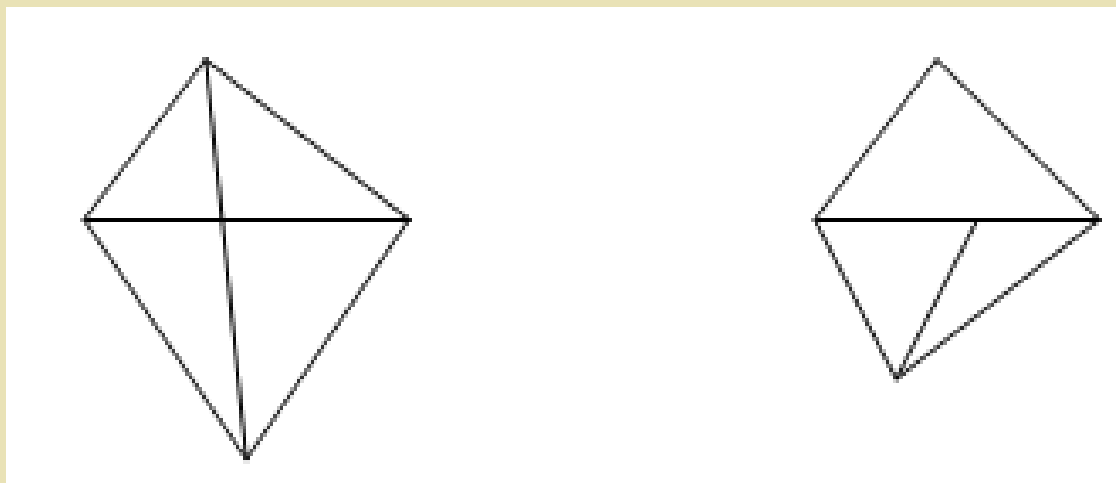
当 $T_n=200000$ 时，二进制码输出形式的 STL 格式文件的规模为： $84 + 50 \times 200000 = 10000084\text{bytes} \approx 10\text{MB}$

而 ASCII 码输出形式的 STL 格式文件的规模为： $6 \times 10\text{MB} = 60\text{MB}$

(三) STL 文件格式的规则

◆ 1. 共顶点规则

任何一个三角形的顶点不能落在其它三角形的边上。



表达正确

表达错误

- ◆ 2. 取向规则

三个顶点连成的矢量方向按右手法则确定，而且，相邻的三角形平面不能出现取向矛盾。

- ◆ 3 合法实体规则

在一维模型的所有表面上，必须布满小三角形平面，不得有任何遗漏。



（四）STL 格式的缺陷

- ◆ 1. 出现违反共顶点规则的三角形
解决方法：补线
- ◆ 2. 出现错误的裂缝或孔洞
解决方法：补面

◆ 3. 三角形过多或者过少

过多：文件空间量太大，超出成形系统的范围，出现莫名其妙错误；

过少：精度不够，会因为无法表达细小的特征结构而出错

解决方法：调整

◆ 4. 微小特征遗漏或者出错

对于 CAD 模型上的微小特征，往往不能布置足够的三角形

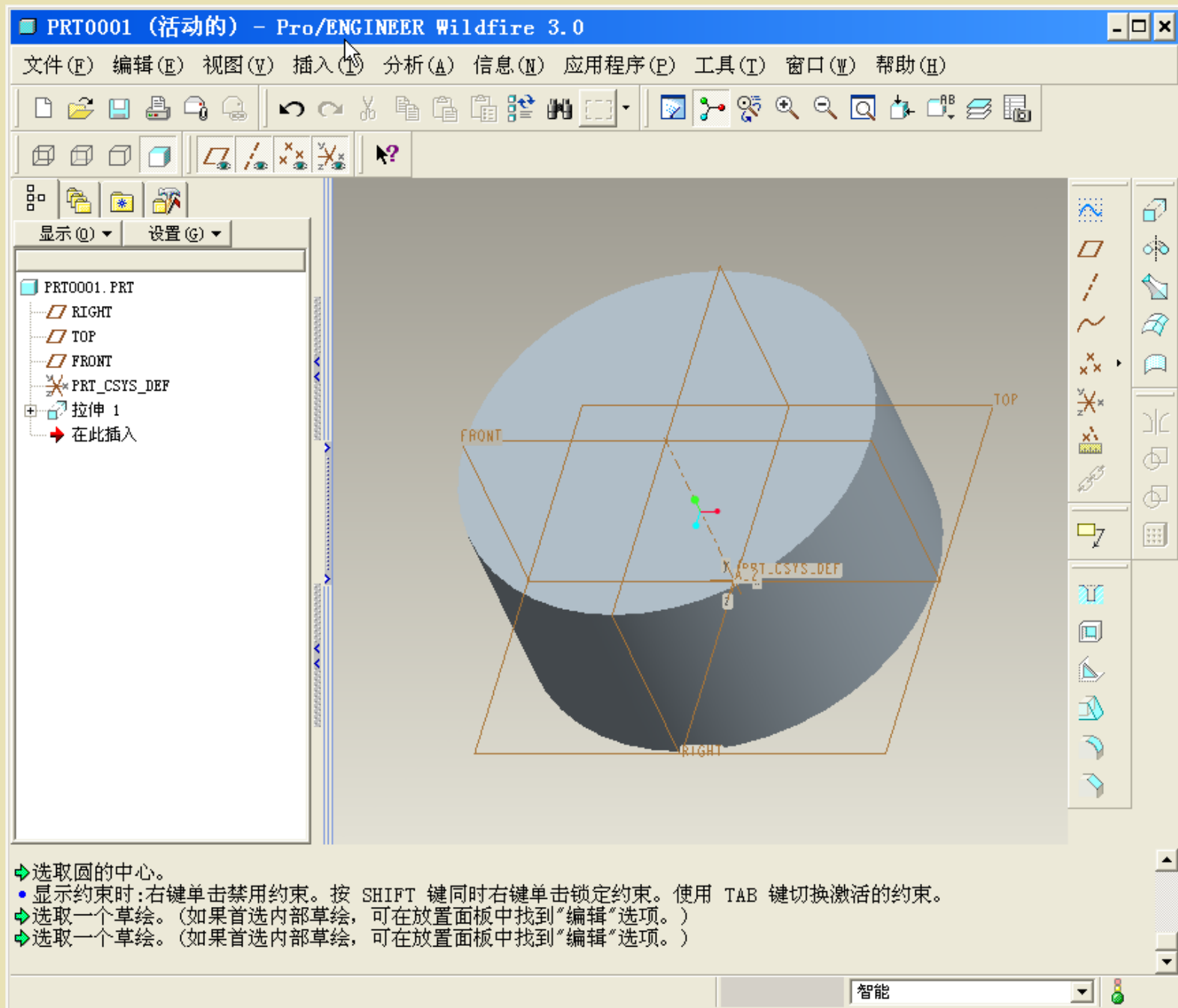
解决方法：用成形系统来自动修补或者是手动修补

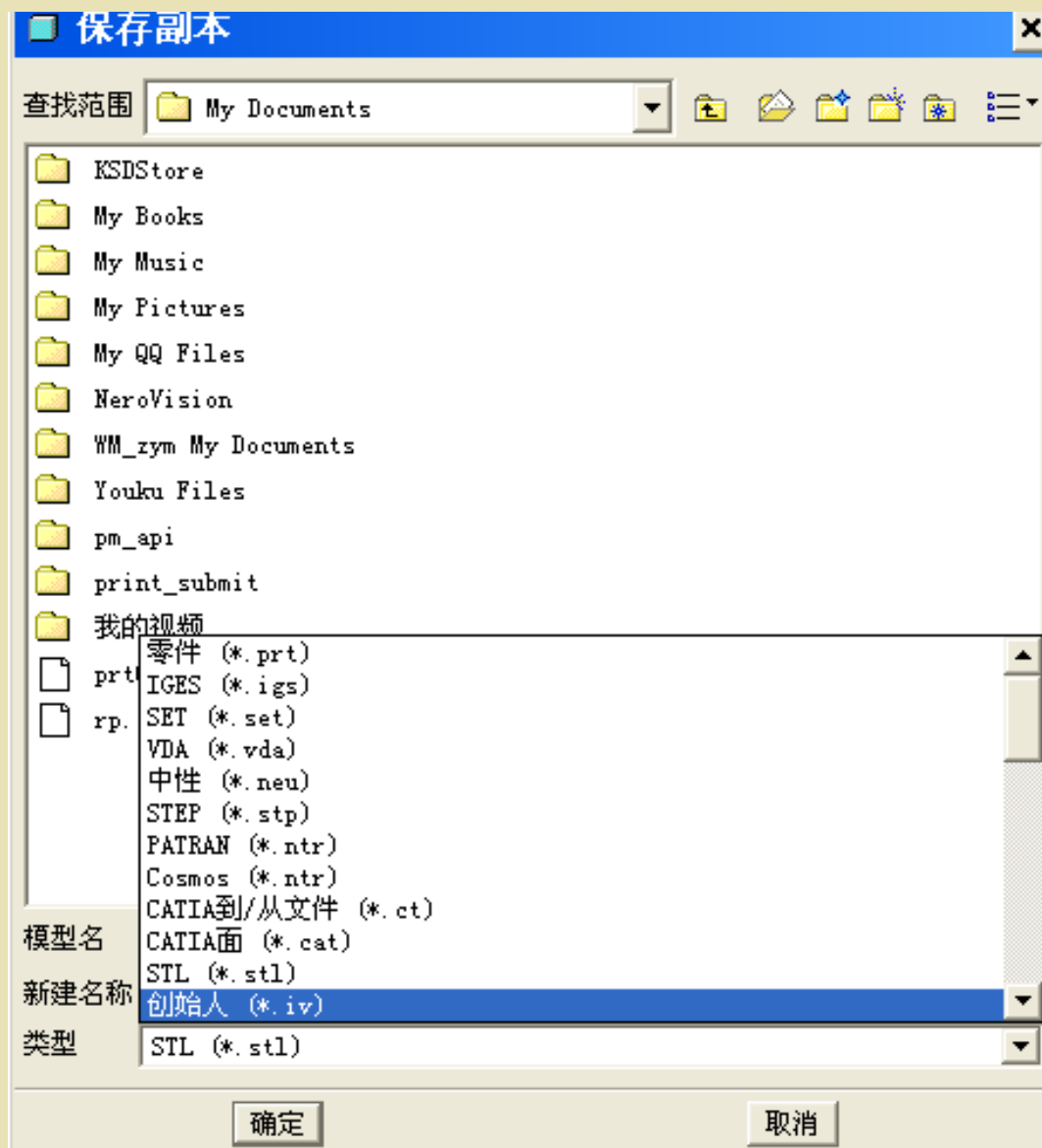
(五) 如何输出 STL 格式文件

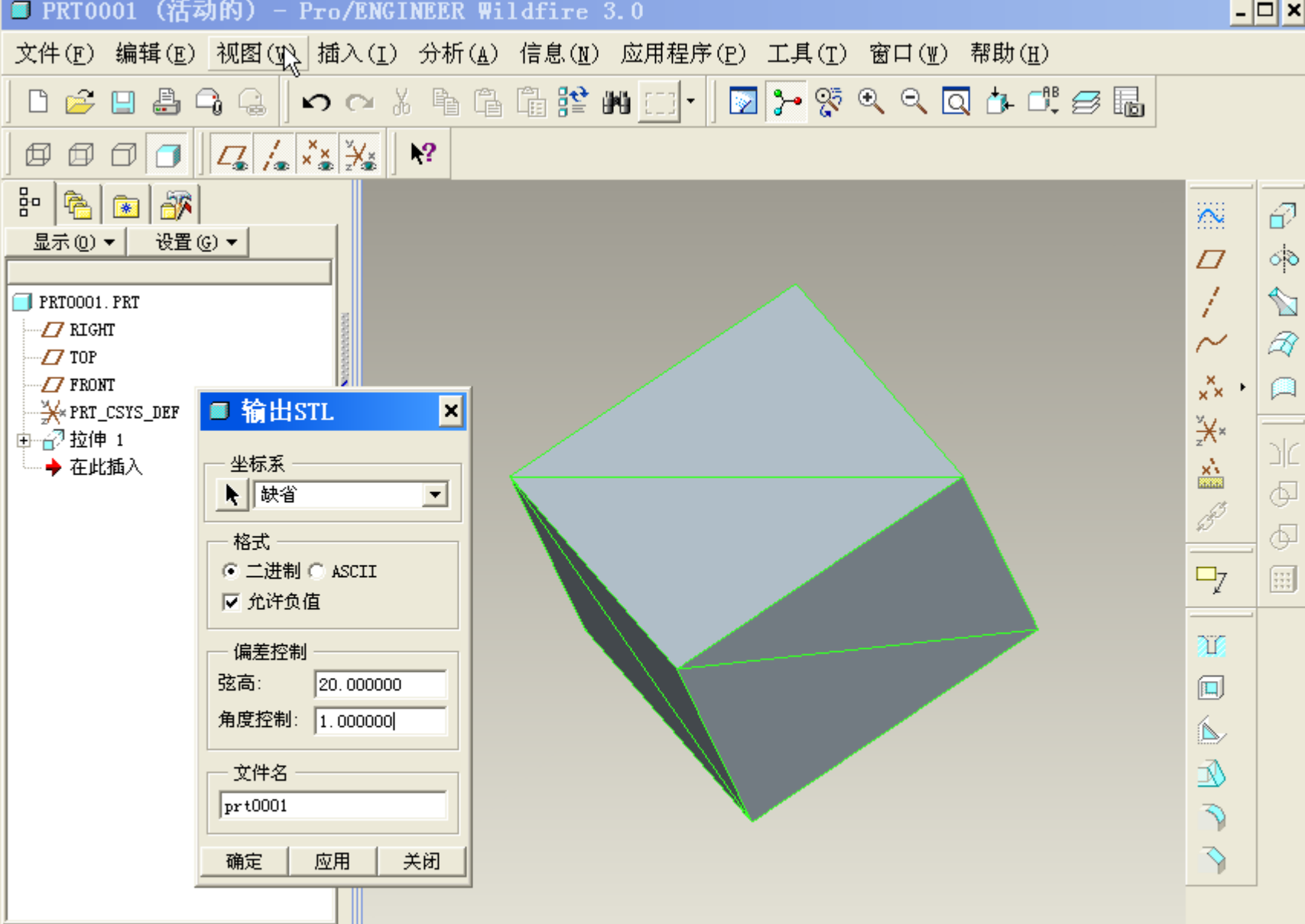
1、Pro/Engineer 输出 STL 格式文件

ProE Wildfire ↵

1. File (文件) -> Save a Copy(另存一个复件)-> Model(模型)-> 选择文件
类型为 STL (*.stl) ↵
2. 设定弦高为 0。然后该值会被系统自动设定为可接受的最小值。 ↵
3. 设定 Angle Control (角度控制)为 1 ↵



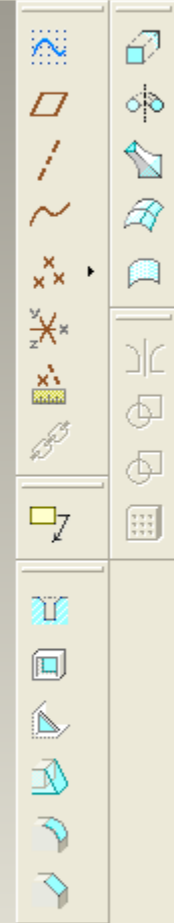
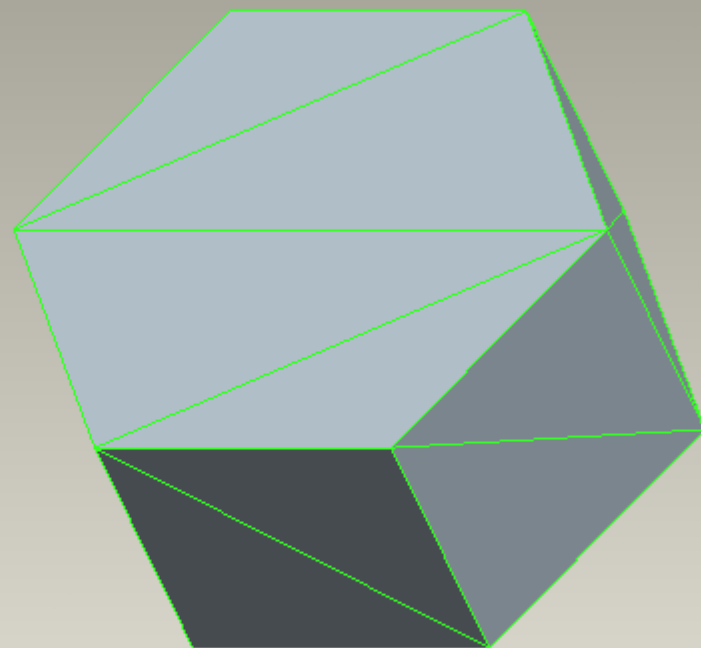
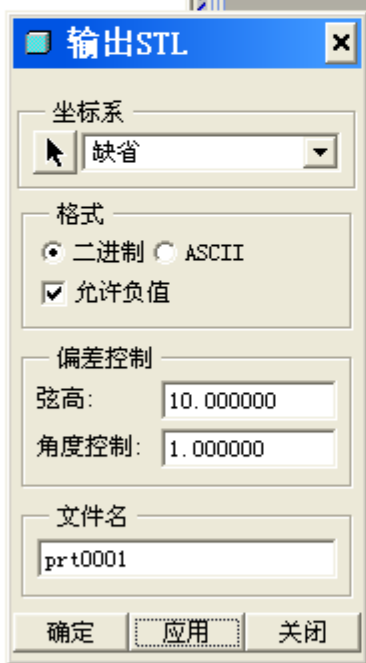
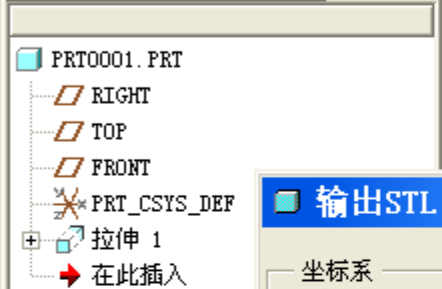




- 显示约束时:右键单击禁用约束。按 SHIFT 键同时右键单击锁定约束。使用 TAB 键切换激活的约束。
- 选取一个草绘。(如果首选内部草绘,可在放置面板中找到“编辑”选项。)
- 选取一个草绘。(如果首选内部草绘,可在放置面板中找到“编辑”选项。)
- ❌ 没有对象被复制。
- 12三角已经写入输出文件prt0001.stl。



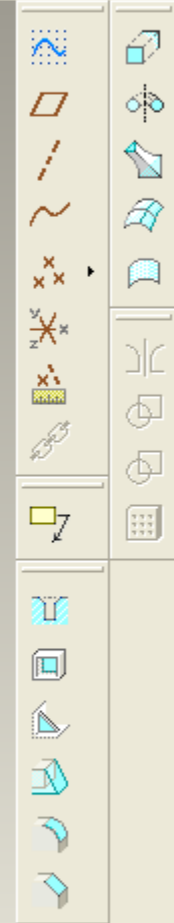
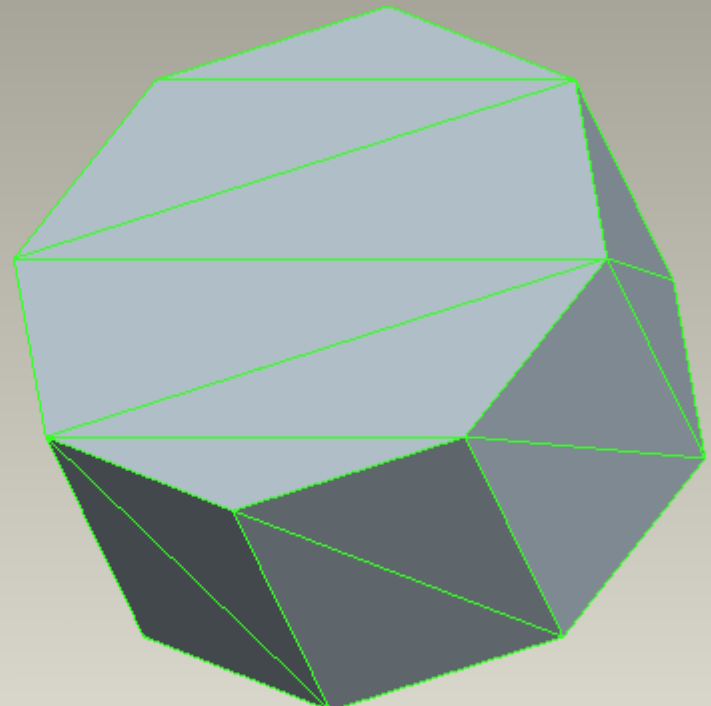
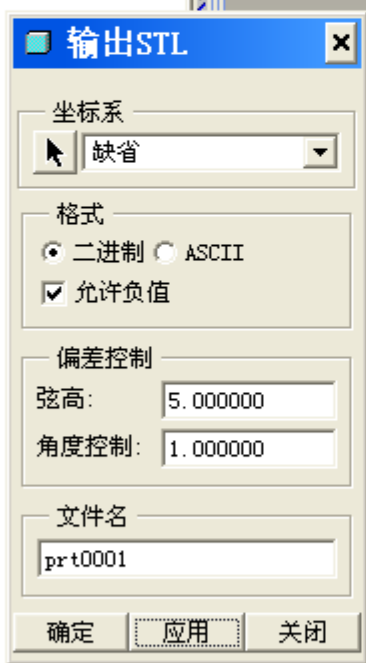
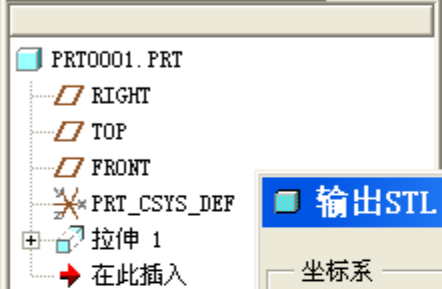
显示(D) 设置(G)



- 显示约束时:右键单击禁用约束。按 SHIFT 键同时右键单击锁定约束。使用 TAB 键切换激活的约束。
- ➔ 选取一个草绘。(如果首选内部草绘, 可在放置面板中找到“编辑”选项。)
- ➔ 选取一个草绘。(如果首选内部草绘, 可在放置面板中找到“编辑”选项。)
- ❌ 没有对象被复制。
- 20三角已经写入输出文件prt0001.stl。



显示(D) 设置(G)



- 显示约束时:右键单击禁用约束。按 SHIFT 键同时右键单击锁定约束。使用 TAB 键切换激活的约束。
- ➔ 选取一个草绘。(如果首选内部草绘, 可在放置面板中找到“编辑”选项。)
- ➔ 选取一个草绘。(如果首选内部草绘, 可在放置面板中找到“编辑”选项。)
- ✗ 没有对象被复制。
- 28三角已经写入输出文件prt0001.stl。

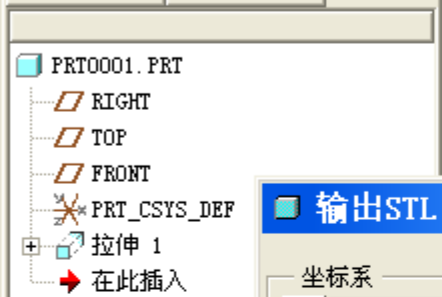
撤销: 拉伸

智能

文件(F) 编辑(E) 视图(V) 插入(I) 分析(A) 信息(N) 应用程序(P) 工具(T) 窗口(W) 帮助(H)



显示(D) 设置(G)



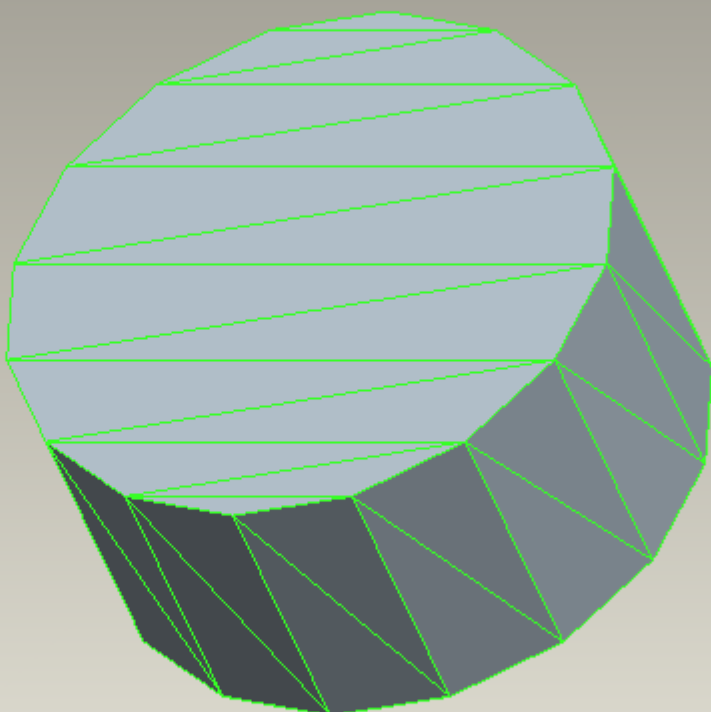
输出STL

坐标系
 缺省

格式
☒ 二进制 ☐ ASCII
☒ 允许负值

偏差控制
 弦高:
 角度控制:

文件名



- 28三角已经写入输出文件prt0001.stl。
- 角度控制值必须在0.0和1.0之间。
- 28三角已经写入输出文件prt0001.stl。
- 角度控制值必须在0.0和1.0之间。
- 60三角已经写入输出文件prt0001.stl。

文件(F) 编辑(E) 视图(V) 插入(I) 分析(A) 信息(N) 应用程序(P) 工具(T) 窗口(W) 帮助(H)



显示(D)

设置(G)

PRT0001.PRT

- RIGHT
- TOP
- FRONT
- *PRT_CSYS_DEF
- 拉伸 1
- 在此插入

输出STL

坐标系

缺省

格式

☒ 二进制 ☐ ASCII☒ 允许负值

偏差控制

弦高: 0.014900

角度控制: 1.000000

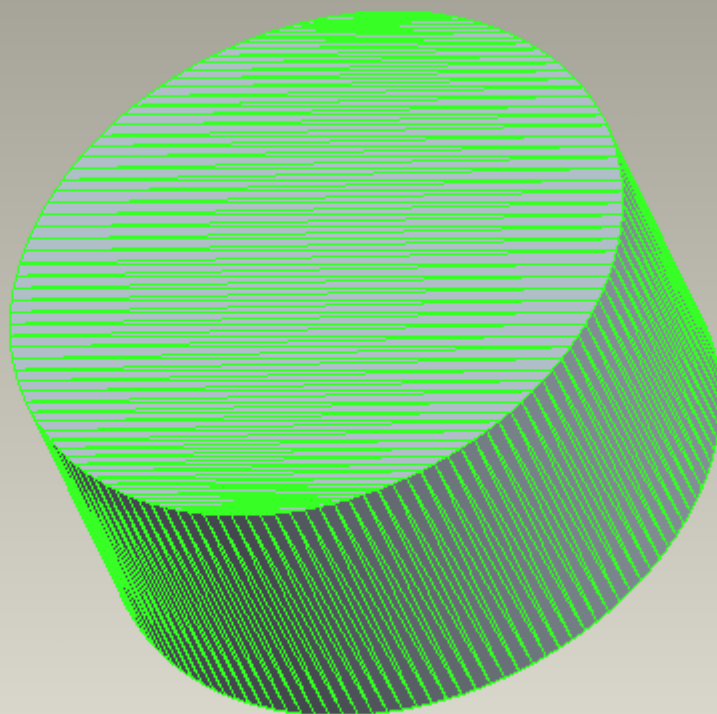
文件名

prt0001

确定

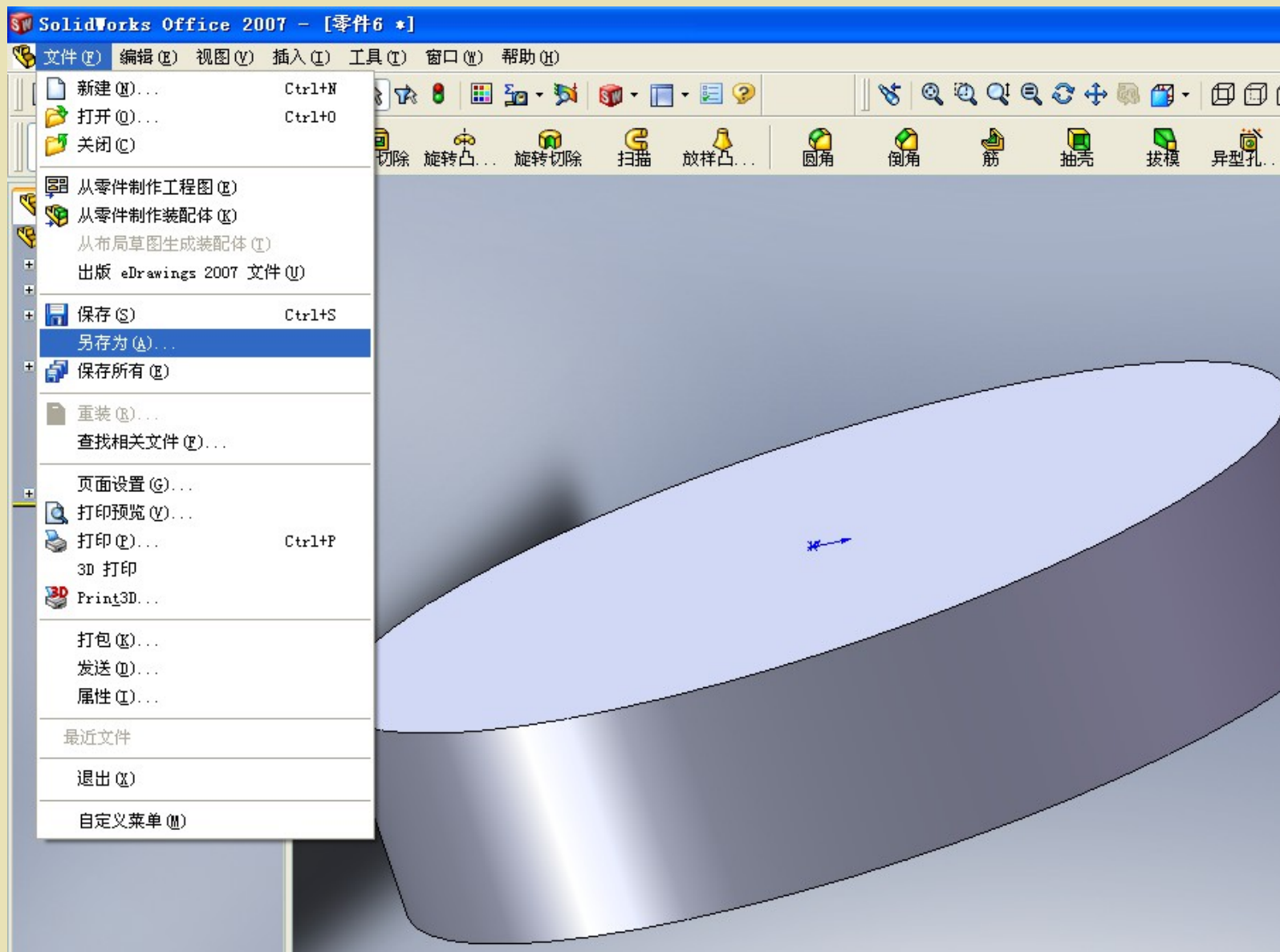
应用

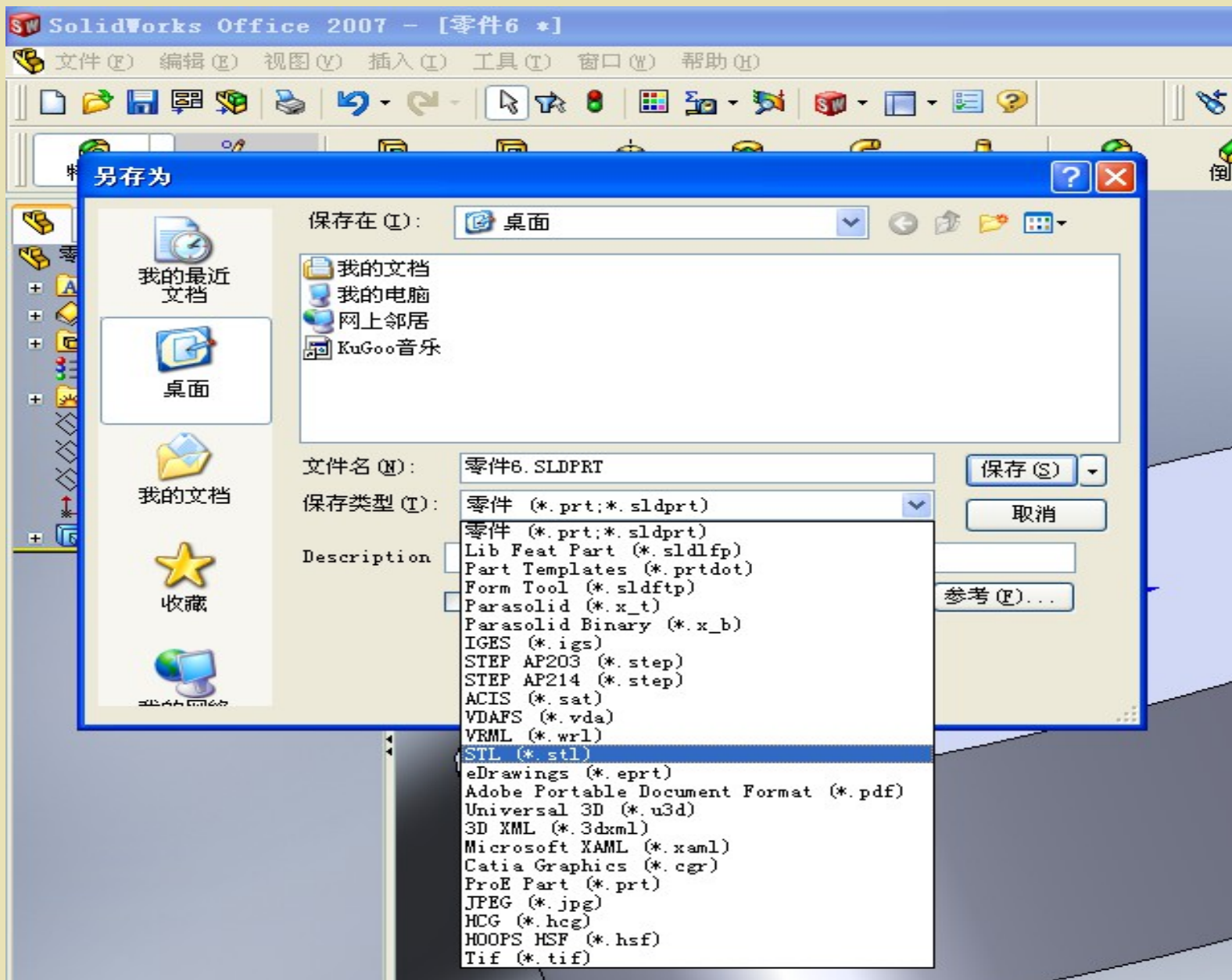
关闭



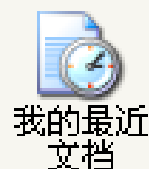
- 28三角已经写入输出文件prt0001.stl。
- 角度控制值必须在0.0和1.0之间。
- 60三角已经写入输出文件prt0001.stl。
- 最大弦高值必须在0.0149和150.0000之间。
- 516三角已经写入输出文件prt0001.stl。

2、SolidWorks 输出 STL 格式文件





另存为



保存在 (I):



桌面

- 我的文档
- 我的电脑
- 网上邻居
- KuGoo音乐

文件名 (N):

零件6.STL

保存类型 (T):

STL (*.stl)

Description

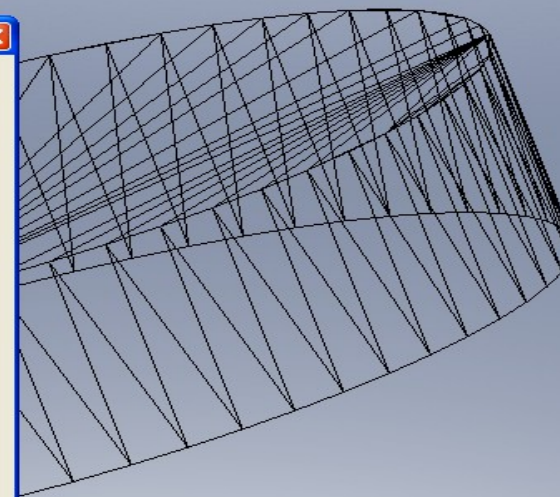
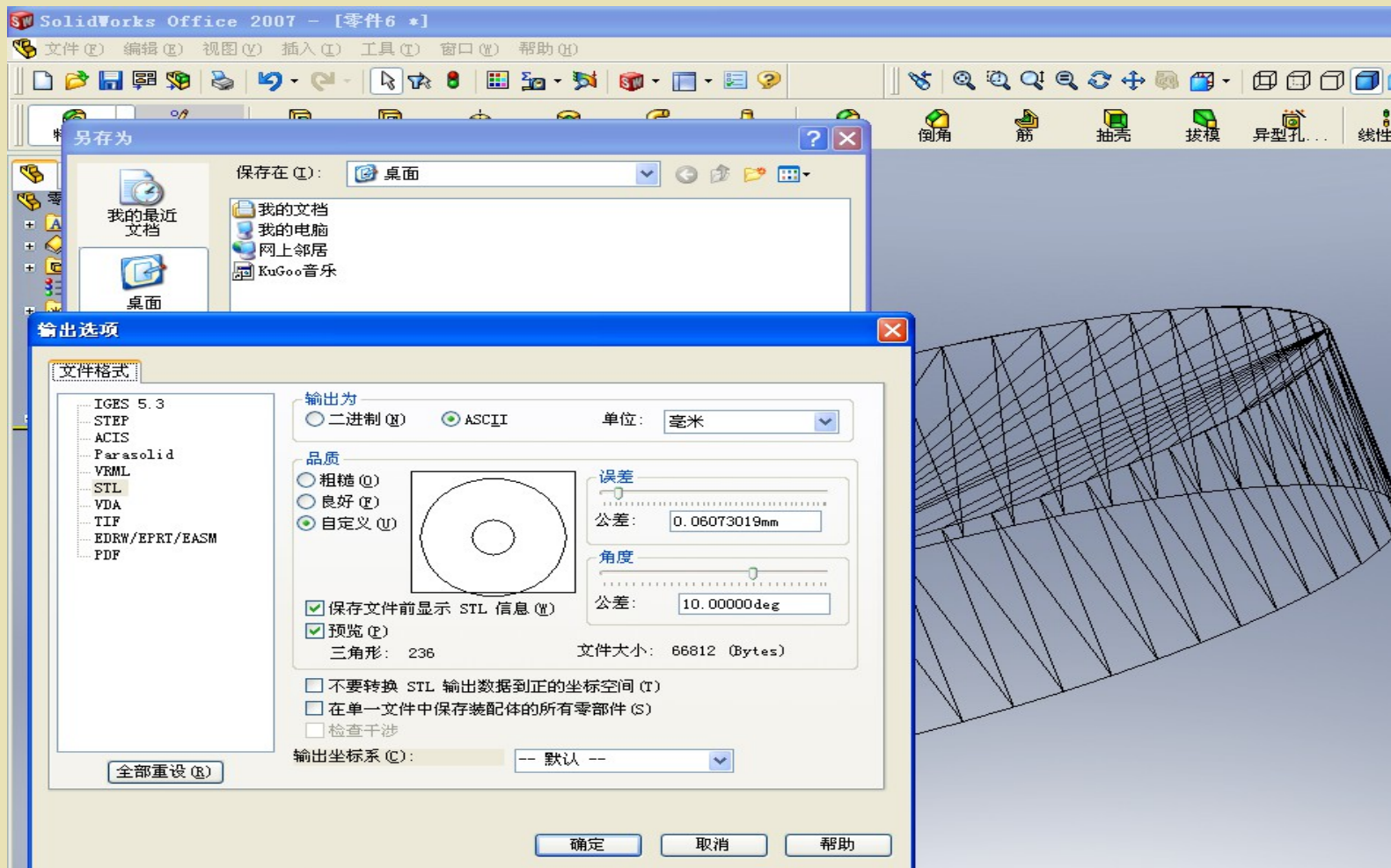
零件 (*.prt;*.sldprt)
Lib Feat Part (*.sldlfp)
Part Templates (*.prtdot)
Form Tool (*.sldftp)
Parasolid (*.x_t)
Parasolid Binary (*.x_b)
IGES (*.igs)
STEP AP203 (*.step)
STEP AP214 (*.step)
ACIS (*.sat)
VDAFS (*.vda)

保存 (S)

取消

选项 (O)...

尝试 Print3D



输出选项

文件格式

IGES 5.3
STEP
ACIS
Parasolid
VRML
STL
VDA
TIF
EDRW/EPRT/EASM
PDF

全部重设 (R)

输出为

☐ 二进制 (B)

☒ ASCII

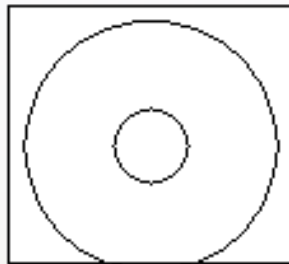
单位: 毫米

品质

☐ 粗糙 (Q)

☐ 良好 (G)

☒ 自定义 (U)



误差

公差: 0.06073019mm

角度

公差: 10.00000deg

☒ 保存文件前显示 STL 信息 (W)

☒ 预览 (P)

三角形: 236

文件大小: 66812 (Bytes)

☐ 不要转换 STL 输出数据到正的坐标空间 (T)

☐ 在单一文件中保存装配体的所有零部件 (S)

☐ 检查干涉

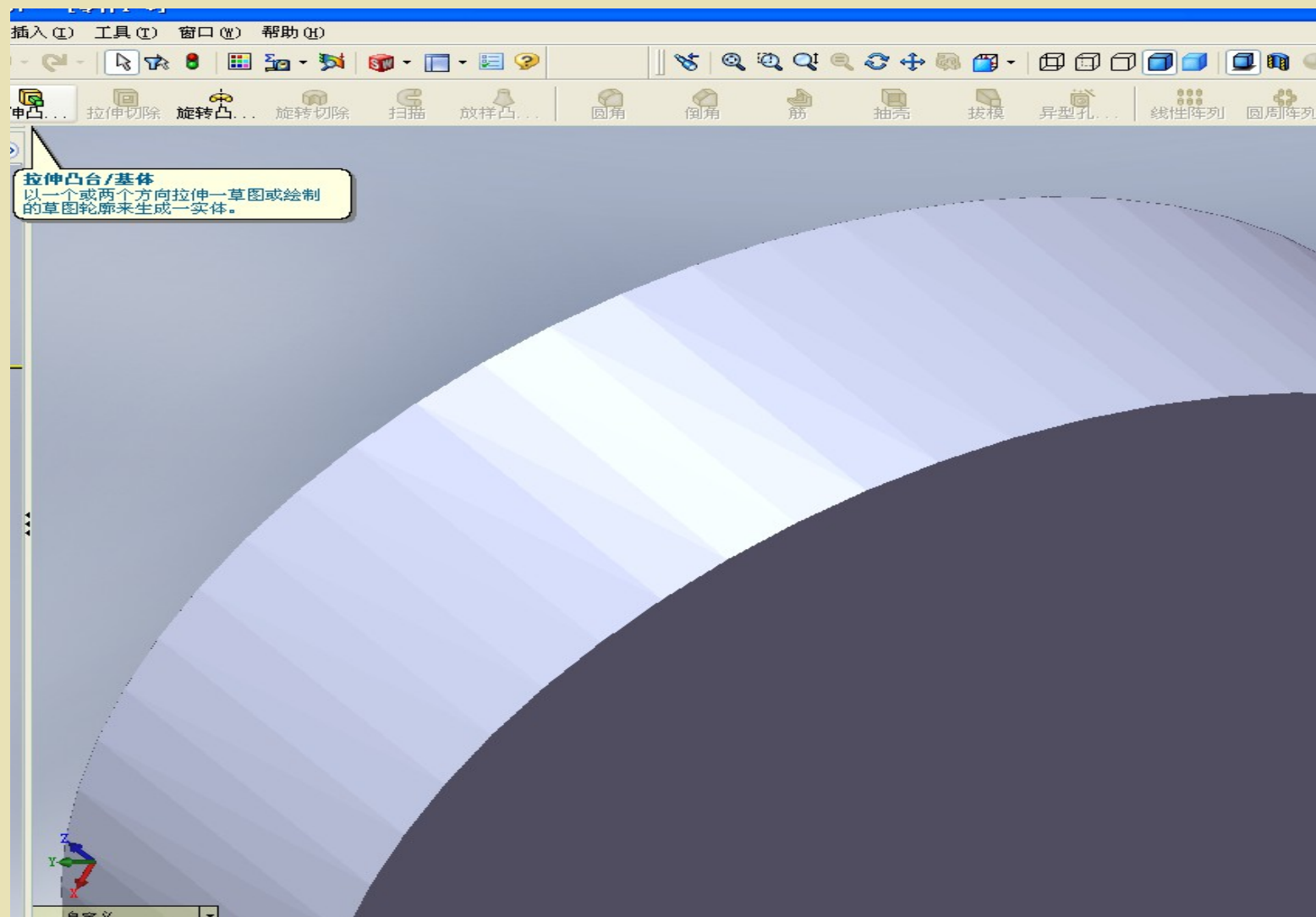
输出坐标系 (C):

-- 默认 --

确定

取消

帮助



Unigraphics↵

1. File (文件)> Export (输出)> Rapid Prototyping (快速原型) -> 设定类型为 Binary (二进制)↵
2. 设定 Triangle Tolerance (三角误差) 为 0.0025 ↵
设定 Adjacency Tolerance (邻接误差) 为 0.12 ↵
设定 Auto Normal Gen (自动法向生成) 为 On (开启)↵
设定 Normal Display (法向显示) 为 Off (关闭)↵
设定 Triangle Display (三角显示) 为 On (开启)↵

Rhino↵

File (文件)-> Save As(另存为 .STL) ↵