

OpenCASCADE Ring Type Spring Modeling

eryar@163.com

Abstract. The general method to directly create an edge is to give a 3D curve as the support(geometric domain) of the edge. The curve maybe defined as a 2D curve in the parametric space of a surface: PCurve. When you understand the pcurve, you can modeling some interesting shapes, such as bottle neck thread, helix spring, ring type spring. Etc. The paper is focus on the Ring Type Spring Modeling in OpenCASCADE Draw Test Harness by Tcl script.

Key Words. Spring, Helix, Tcl/Tk, 环形弹簧

1. Introduction

在网上浏览的时候不经意间看到了 ZWCAD 论坛上的这么一个帖子：环形弹簧三维建模练习：
<http://www.zwcad.com/community/forum.php?mod=viewthread&tid=2302>

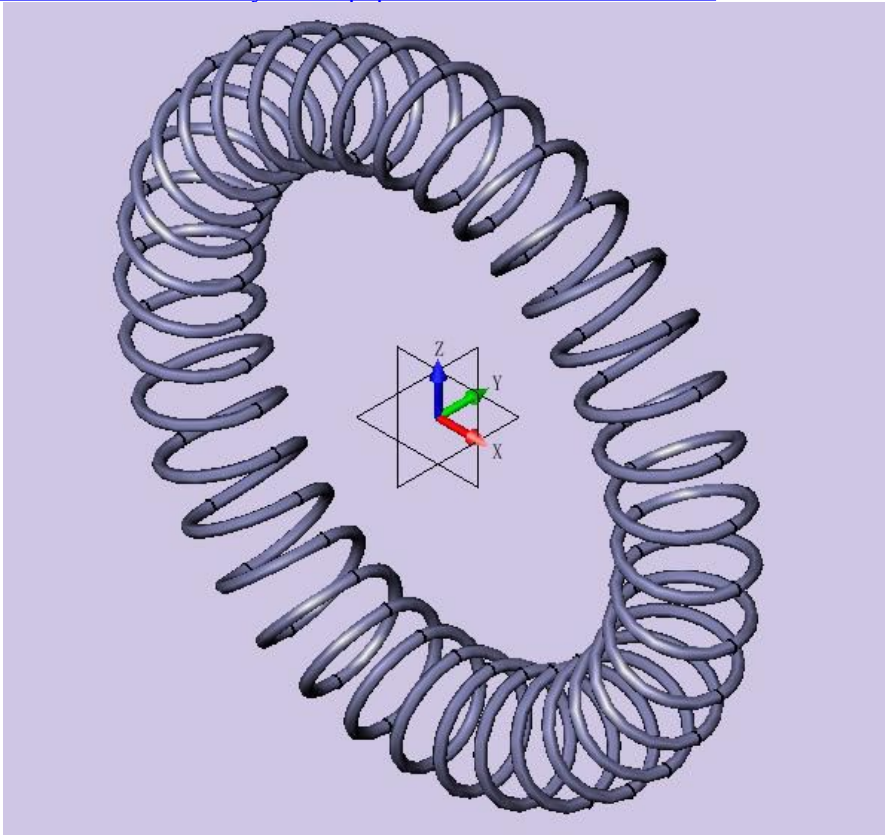


Figure 1.1 Ring Type Spring

从上图可见，这个图形还是很有趣的，论坛中给出了在 ZW 中造型的一种方法，即先创建一个螺旋圆环，再用圆形阵列来得到这个环形弹簧。

如何在 OpenCASCADE 中来造型呢？我想的方法是利用扫掠，关键就是扫掠的路径环形螺旋线的构造出来。因为原来使用过 pcurve 来生成过一个普通的弹簧，所以在想能不能在这个基础上进行扩展，来对这种环形弹簧来造型。

2. PCurve

根据 pcurve 的定义: The curve may be defined as a 2d curve in the parametric space of a surface. 可以看出 pcurve 的两个特点:

- ❖ pcurve 是一条二维曲线;
- ❖ 与曲面相关;

即 pcurve 就是曲面参数空间中一条二维曲线, pcurve 上的点就是曲面参数空间中的点, 其映射过程为: pcurve 根据一个参数 x 计算得到一个二维点 (u,v) , 将这个二维点 (u,v) 作为曲面的参数计算出曲面上的点 $S(u,v)$, 即为 pcurve 对应到曲面上的曲线。因为是环形的, 所以我联想到了 Torus 曲面, 如下图所示:

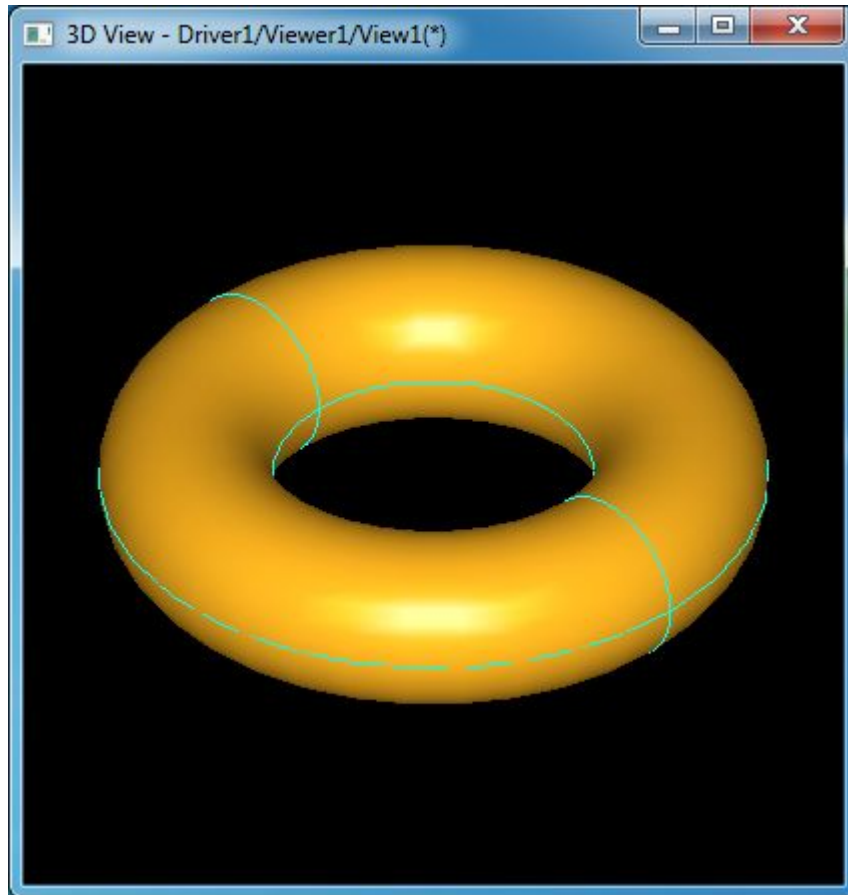


Figure 2.1 Torus in OpenCASCADE Draw Test Harness

在 Draw Test Harness 中生成一个圆环面还是很简单的, 只需要以下几条命令:

```
pload ALL
torus t 1 0.3
mkface f t
vdisplay f
```

根据利用圆柱面对普通弹簧造型的方法 “Make Helix Curve in OpenCASCADE”

<http://www.cppblog.com/eryar/archive/2015/07/09/211212.html>, 是否可以利用圆环面来生成圆环弹簧呢? 实践是检验真理的唯一标准, 随便尝试, 反正失败了也没有什么损失。要利用 pcurve 就要找出曲面及其参数空间的一条二维曲线, 现在初步确定了曲面为 torus 面, 下面再来寻找 pcurve。根据《OpenCASCADE BRep Format》中对于 Torus 的参数表示方程为:

$$S(u, v) = P + (r_1 + r_2 \cdot \cos(v)) \cdot (\cos(u) \cdot D_x + \sin(u) \cdot D_y) + r_2 \cdot \sin(v) \cdot D_z,$$

$$(u, v) \in [0, 2 \cdot \pi) \times [0, 2 \cdot \pi).$$

由参数方程可知, torus 面的参数空间为 0 到 2PI 的一个正方形区域, 如下图所示:

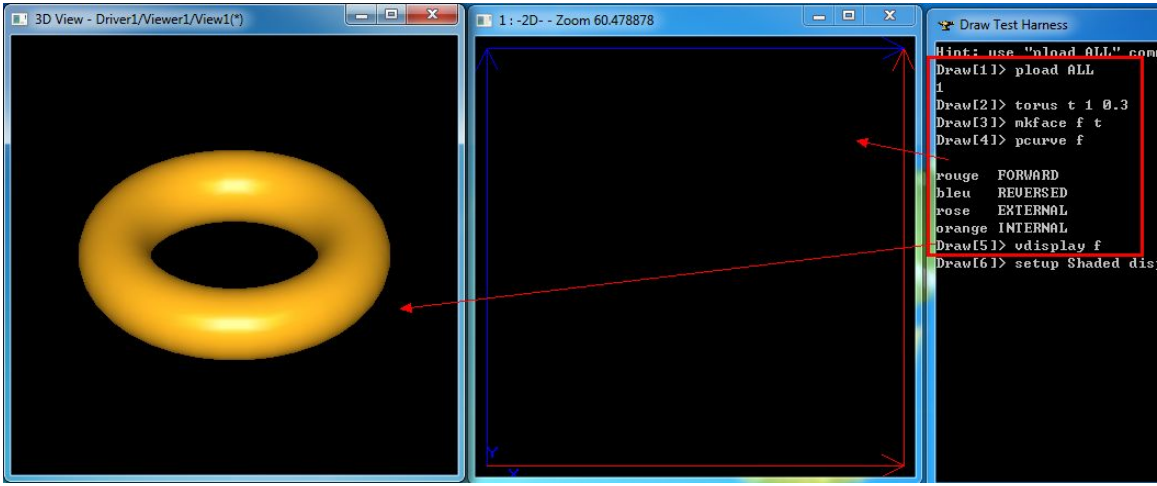


Figure 2.2 PCurve of Torus Face

当 $u=0$ 或 $v=0$ 时, 曲面的参数方程为:

$$S(0, v) = P + (r_1 + r_2 \cdot \cos(v)) \cdot D_x + r_2 \cdot \sin(v) \cdot D_z$$

$$S(u, 0) = P + (r_1 + r_2) \cdot (\cos(u) \cdot D_x + \sin(u) \cdot D_y)$$

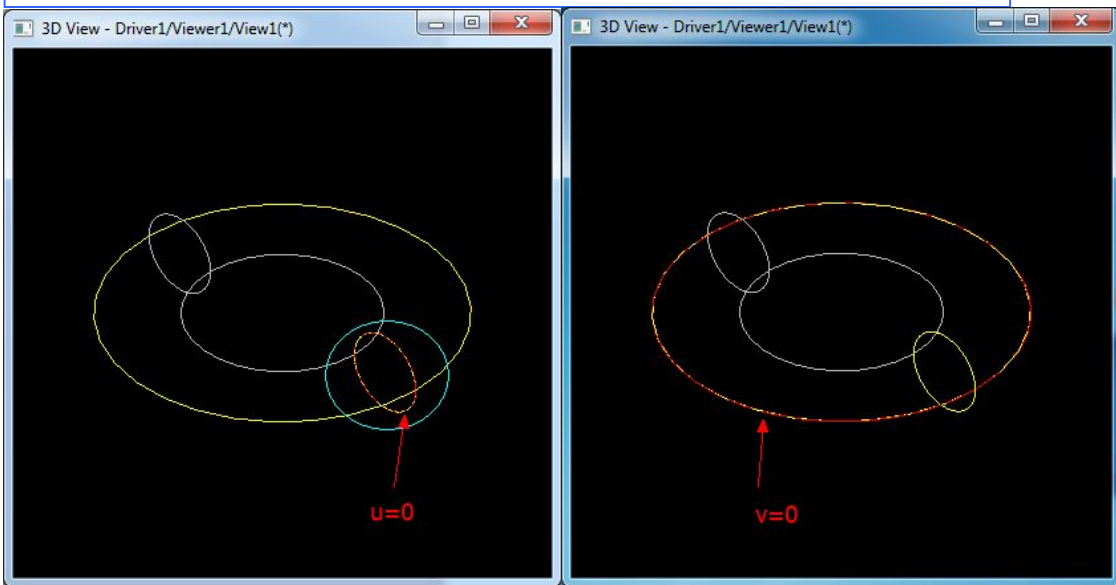


Figure 2.3 Torus curves when $u=0$ and $v=0$

对应到参数空间分别为 u 轴上的直线和 v 轴上的直线。当 u 取几个固定值, v 在参数空间任意变化时, 即可以得到圆环面上几个圆形曲线。当 u, v 参数连续变化时, 先用最简单的一次曲线直线来尝试下, Tcl 脚本如下所示:

```
#
# make helix torus in OpenCASCADE.
# Shing Liu(eryar@163.com)
# 2016-02-20 21:00
```

```
#  
  
pload MODELING VISUALIZATION  
  
# use torus surface.  
torus aTorus 10 2  
  
set aSlope 0.05  
line aLine2d 0 0 $aSlope 1  
trim aSegment aLine2d 0 2*pi  
  
# make edge by the pcurve.  
mkedge aHelixEdge aSegment aTorus 0 2*pi/$aSlope  
  
# there is no curve 3d in the pcurve edge.  
# so need this to approximate one.  
mkedgecurve aHelixEdge 0.01  
  
# display the edge.  
vdisplay aHelixEdge
```

生成结果如下图所示:

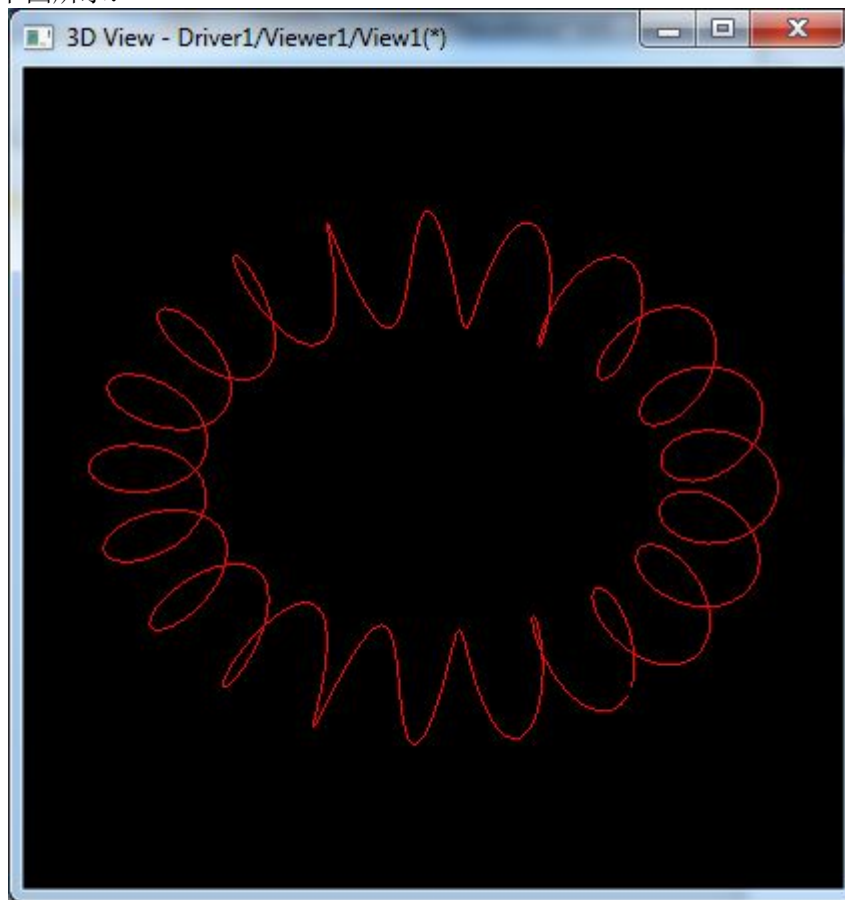


Figure 2.4 Torus Curve made by pcurve

其中螺距的调整可以通过调整 pcurve 的斜率来实现。

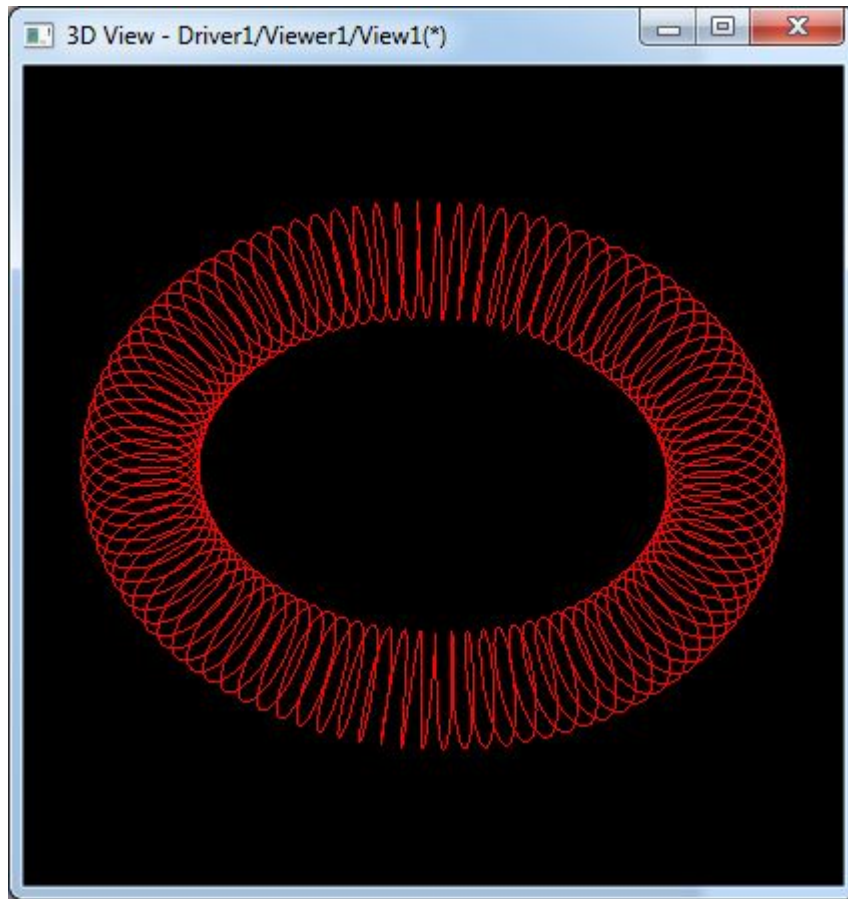


Figure 2.5 Torus Spring

由图可见，pcurve 使用直线效果比较理想。曲线生成之后，只需要将一个轮廓沿着曲线扫掠即可。

3. Modeling in Draw Test Harness

将上述放在一起来实现一个环形弹簧的造型，为了便于测试，主要是在 Draw Test Harness 中使用 Tcl 脚本来测试效果。使用 Tcl 脚本来测试效果有很多好处，主要就是不需要编写 C++ 代码，也不用编译，可以实时检验结果。而且 OpenCASCADE 的 Tcl 脚本也可以很方便地翻译成 C++ 代码。所以学习一下 Tcl 脚本还是有很多好处的，如 Tcl 具有跨平台的特性，通过使用脚本，可以对参数化有更进一步的理解等。言归正传，下面给出环形弹簧造型的 Tcl 脚本：

```
#
# make helix torus(Ring Type Spring) in OpenCASCADE.
# Shing Liu(eryar@163.com)
# 2016-02-20 21:00
#

pload MODELING VISUALIZATION

# use torus surface.
torus aTorus 10 2

set aSlope 0.05
line aLine2d 0 0 $aSlope 1
trim aSegment aLine2d 0 2*pi

# make edge by the pcurve.
mkedge aHelixEdge aSegment aTorus 0 2*pi/$aSlope

# there is no curve 3d in the pcurve edge.
# so need this to approximate one.
mkedgecurve aHelixEdge 0.01

wire aHelixWire aHelixEdge

# make the profile.
circle aProfile 12 0 0 1 1 1 0.3
mkedge aProfile aProfile
wire aProfile aProfile
mkplane aProfile aProfile

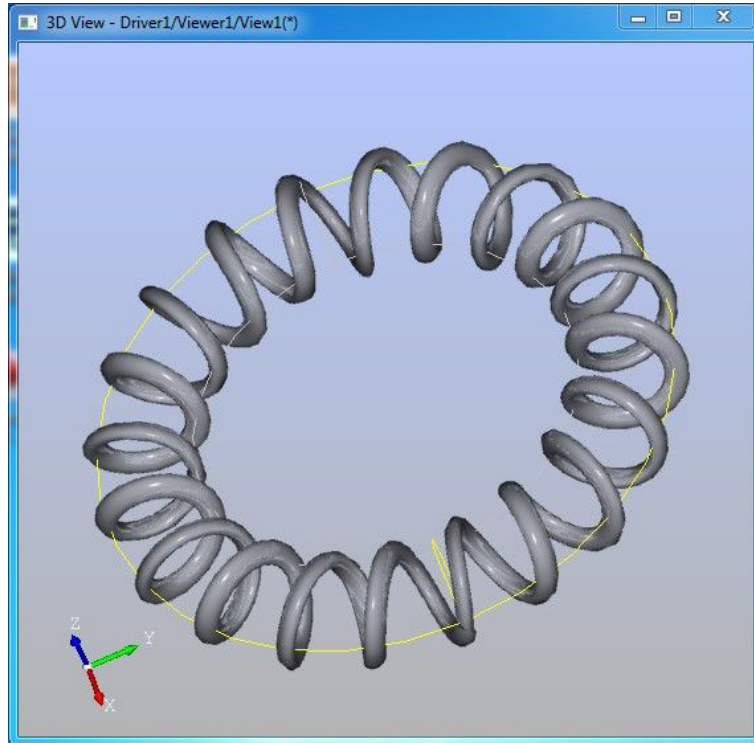
# display the profile.
vdisplay aProfile aHelixEdge

# loft the circle along the helix curve.
pipe aSpring aHelixWire aProfile

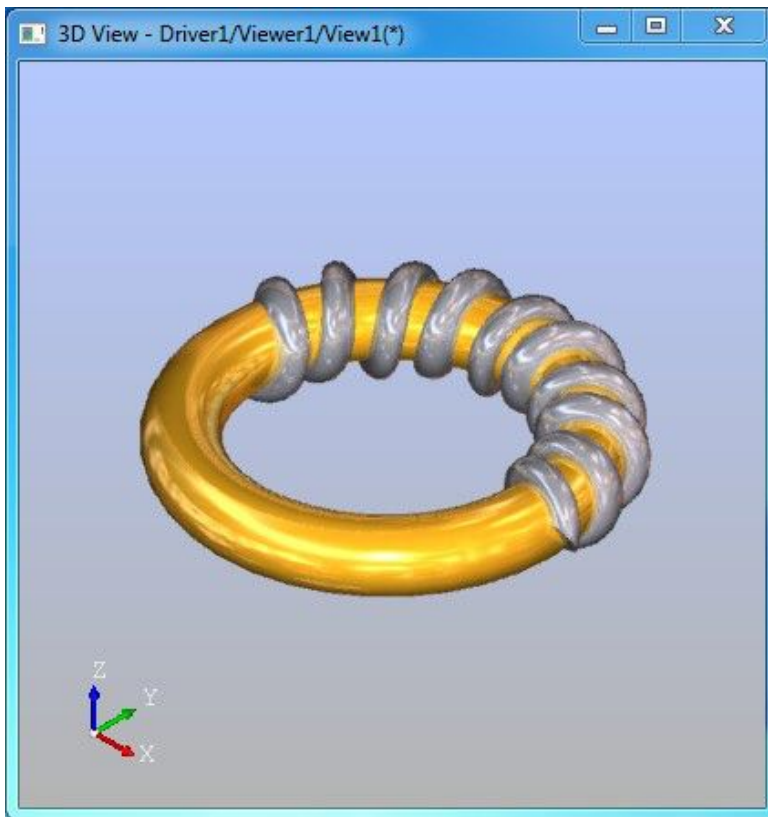
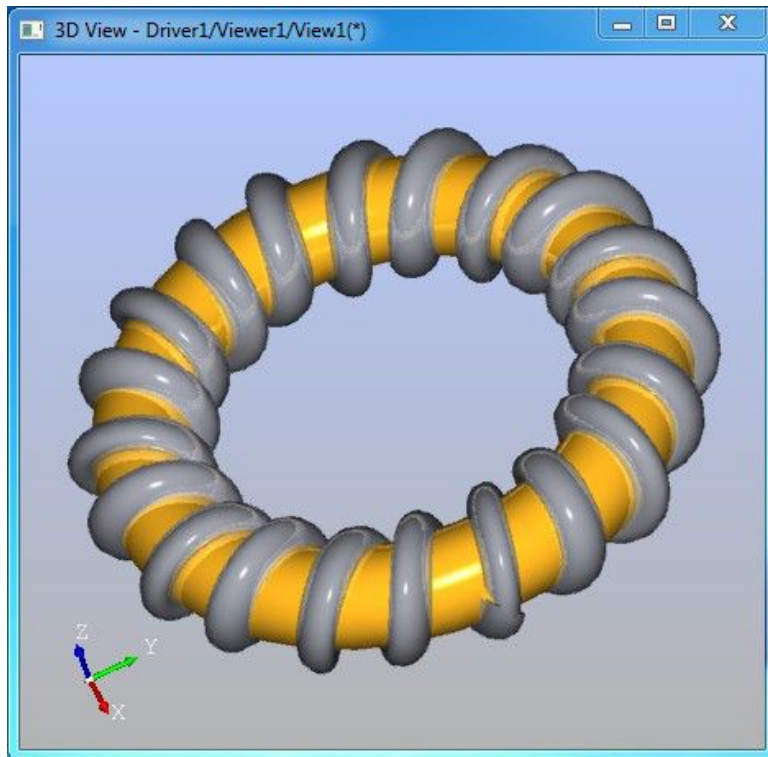
# display the result.
vdisplay aSpring
#vsetmaterial aSpring steel
vsetgradientbg 180 200 255 180 180 180 2
vsetdispmode 1
```

```
vzbufftrihedron  
  
set ray tracing  
if { ! [catch {vrenderparams -raytrace -shadows -reflections -fsaa -rayDepth 5}] } {  
    vtextureenv on 1  
}
```

生成结果如下图所示：



下图是使用 Ray Tracing 后显示的效果，感觉不错：



4. Conclusion

综上所述，理解了 pcurve 后可以对一些规则的有趣的曲线进行造型。另外学会在 Draw Test Harness 中使用 Tcl 脚本来尝试自己的想法，将会感觉到脚本的便利性。其实在 OpenCASCADE 的官网上也是提倡使用 Tcl 脚本来报告 bug。

5. References

1. OpenCASCADE BRep Format
2. Shing Liu. Make Helix Curve in OpenCASCADE.
<http://www.cppblog.com/eryar/archive/2015/07/09/211212.html>
3. ZW3D community topic:
<http://www.zwcad.com/community/forum.php?mod=viewthread&tid=2302>