

# 在 AutoCAD2000 中生成轮胎三维实体的方法

申玉德, 李豪, 任利利, 何红卫, 张陆军

(风神轮胎股份有限公司, 河南 焦作 454003)

**摘要:** 介绍了一种在 AutoCAD2000 中生成轮胎三维实体的方法。通过对轮胎模型的简化, 在 AutoCAD2000 中进行了线框模型的构建、三维实体对象的生成及组合, 最后进行三维操作生成了轮胎的三维实体。生成的轮胎三维实体可用于提高设计质量和进行广告宣传, 在未做出成品轮胎前即可直观的反映设计思想, 效果较好。

CAD 即计算机辅助设计, 在 CAD 技术发展的初期, CAD 仅限于计算机辅助绘图, 随着计算机软、硬件技术的飞速发展, CAD 技术才从二维平面绘图发展到三维产品建模, 随之也就产生了三维线框造型、曲面造型以及实体造型技术。

三维实体对象表示整个对象的体积。在各类三维模型中, 三维实体的信息最完整, 歧义最少, 可以方便查询实体的惯性矩、面积矩、实体的质心等。轮胎设计人员都希望在产品设计阶段对成品轮胎花纹块(沟)的体积有个较为准确的估计, 同时客户也希望在投资做模具之前, 看到直观的轮胎三维图, 判断轮胎花纹设计的优劣, 减少投资风险。这些都需要在产品的设计阶段能够生成轮胎的三维实体模型。但是当前在国内轮胎行业应用的 CAD 软件中, 基本上都不能生成的轮胎三维实体, 最多生成三维线框模型, 还要利用 3DMAX 进行后期制作, 生成轮胎三维效果图, 这不能不说是一个很大的遗憾。不过, 国内应用的轮胎 CAD 软件大部分都与 AutoCAD 软件有接口, 主要的绘图工作都要在 AutoCAD 中进行。笔者在多年使用 AutoCAD 绘图的基础上, 通过对 AutoCAD2000 三维造型功能的不断探索, 终于在 AutoCAD2000 中实现了轮胎三维实体的生成, 建立了真正的轮胎三维实体。目前该成果已应用到我公司轮胎新产品的开发工作中, 提高了设计质量并绘制出了大量的轮胎三维效果图, 解决了以往做出轮胎成品才发现轮胎花纹设计上不足的问题。

AutoCAD 系统是美国 Autodesk 公司为微

机开发的一个交互式绘图软件, 也是目前国内外使用最广泛的 CAD 软件。AutoCAD R14 以其丰富的绘图命令, 强大的编辑功能、三维造型功能和良好的用户界面深受广大工程技术人员的热情欢迎。在 AutoCAD R14 基础上, Autodesk 公司又推出更具震撼力、可相互协作的新一代设计产品 AutoCAD 2000。AutoCAD2000 是一个比 AutoCAD R14 更具有竞争力的设计环境, 它应用了先进的软件技术, 功能强大而灵活。

## 1 基本思路

轮胎是一个环状回转体, 其上的每一点都具有双曲率, 再加上花纹沟槽两壁倾角, 要想一丝不差地准确绘制轮胎三维实体, 当今的三维 CAD 系统, 如美国 SDRC 公司的 I-DEAS 软件、美国 EDS 公司的 UG 软件、PTC 公司的 Pro/Engineer 软件是可以做到的。不过这些软件属于高档 CAD/CAM 软件, 就其操作的复杂性不说, 软件的价格也是相当不菲的, 国内轮胎企业远未普及。相对而言, 代表二维 CAD 系统的软件 AutoCAD 在国内轮胎企业应用最早, 使用最广泛, 大部分技术人员都能熟练使用, 并且 AutoCAD 本身也有一定的三维造型功能, 随着其版本的升级, 这一功能也不断得到完善和增强。但 AutoCAD 三维造型功能毕竟有限, 所以要利用 AutoCAD 三维造型功能, 生成轮胎三维实体, 就必须对轮胎模型作如下简化: 不考虑花纹沟槽两壁倾角大小, 建模时把它当作平行于投影方向。有了这样的简化, 我们就可以利用轮胎花纹展开图(一个等分段)和轮

胎断面轮廓图, 首先把冠部花纹和肩部花纹分开, 然后各自放置到有利于投影的位置, 建立三维线框模型; 再沿规定路径拉伸和旋转二维对象生成三维实体对象, 对生成的实体执行布尔操作; 最后利用三维操作完成整个轮胎三维实体的生成。

## 2 方法简介

### 2.1 线框模型的准备

以一条农业轮胎为例进行线框模型的准备, 首先应对二维花纹展开图和轮胎断面轮廓图进行预处理, 删掉大量的尺寸标注和一些框线, 最后剩下一个节距完整的花纹块图、花纹块断面和胎体轮廓断面, 将以上这些对象放在一个图层中, 并对花纹块图进行 X 方向和 Y 方向不同比例的缩放, 使花纹块由展开状态还原为曲面状态, 同时再另建一图层, 把三条辅助线放入另一图层中, 其中最下面一道线为轮胎的中心轴线。因为在 AutoCAD 中只有将闭合区域转化为面域才能进行拉伸或旋转生成三维实体, 这里为方便下面的操作, 接着用 region 命令将 4 个闭合区域面域化, 共生成四个面域, 必须强调花纹图中冠部花块和肩部花块各形成一个面域, 然后删掉旧对象, 只保留面域和辅助线。接下来调整冠部花块和肩部花块的位置, 对这两个花块执行 rotate3d(三维旋转)命令, 旋转轴为轮胎的中心轴线, 旋转角度为 90 度, 完成后在俯视图中这两部分花块只显示为一段线。然后测量胎肩切线与 X 轴的夹角, 记下角度值后将视图转为东南等轴测视图(具体步骤为: 视图——三维视图——东南等轴测), 对肩部花块执行 rotate3d(三维旋转)命令, 以两花块的交线为旋转轴, 旋转角度为刚才记下的夹角值。最后调整冠部花块和肩部花块的位置, 两部分花块同时移动, 直至两花块交线的中点与轮胎断面轮廓图上的胎肩点重合, 接着将视图转为俯视图, 在正交状态下向上移动冠部花块, 直至显示为一段线的冠部花块超出断面轮廓的最高点。至此就完成了三维线框的构造, 将视图再转为东南等轴测视图, 最终生成三维线框。

### 2.2 三维实体对象的创建

在 AutoCAD2000 中, 有两种直接创建三维实体的方式, 一是根据基本实体形(长方体、圆锥体、圆柱体、球体、圆环体和楔体)创建实体; 二是

沿路径拉伸二维对象, 或者绕轴旋转二维对象。在这里, 我们采用后一种方式。由于我们前面已对闭合区域面域化, 这里就可以直接进行二维对象的拉伸和旋转操作。

首先用 extrude 命令对冠部花块和肩部花块进行拉伸操作, 键入 P 选择路径, 选取断面轮廓中心线, 自动生成两个三维实体对象, 然后用 revolve 命令对花块断面和胎体断面进行旋转操作, 键入 O 选择旋转轴, 选取轮胎中心轴线, 回车生成两个 360 度旋转对象, 完成后共生成四个三维实体对象, 为方便下面的操作, 可分图层放置这四个实体对象, 通过对图层的开关方便观察。

### 2.3 三维实体对象的组合

创建实体对象之后, 我们可以通过布尔操作来组合这些实体, 可对这些实体进行合并, 也可获得它们的差集或交集(重叠)部分, 从而创建更为复杂的实体。

首先用 union 命令对冠部花块实体对象和肩部花块实体对象执行并集操作, 生成一个实体对象, 再用 intersect 命令对这个实体对象和花块断面实体对象执行交集操作, 完成后在胎体断面实体对象上只留下一个花纹块对象, 用 hide 命令进行消隐后的图形, 也可以应用三维动态观察器进行多角度观察。

### 2.4 完成轮胎三维实体的制作

下面利用三维操作完成整个轮胎实体的制作, 首先将视图转为俯视图, 利用 mirror(镜像)命令生成胎面另一边的花纹块, 指定镜像线为断面轮廓中心线。完成后计算出两边花纹块相对于轮胎中心轴线的错位角度, 将视图转为主视图, 再利用 rotate3d(三维旋转)对其中一个花纹块旋转, 旋转轴为轮胎中心轴线, 旋转角度为花纹块错位角度, 最后利用 3darray(三维阵列)命令对生成的左右花块分别进行环形阵列, 阵列数目为花纹等分段数, 角度为整周 360 度, 旋转轴为轮胎中心轴线, 生成的图形消隐后成为轮胎三维实体线框图。至此, 已完成了三维轮胎实体的构建工作, 为了得到更好的视角效果, 可以对生成的实体进行着色或渲染, 其中以渲染得到的效果为最佳。在渲染操作过程中, 可以设定渲染类型、背景、材质、贴图和光源。根据需要来调整这些项目, 可以制作出各种美观、漂亮的轮胎高分辨率的彩色图片。

### 3 如何生成花纹复杂的轮胎三维实体

通过一个农业轮胎三维实体的生成,本文介绍了在 AutoCAD2000 中生成轮胎三维实体的方法。尽管由于农业轮胎花纹简单,三维实体生成相对容易,就是对于花纹复杂的轿车轮胎,只要掌握了此方法的原理,也是可以生成的,只不过用于生成的花纹实体对象相对较多,对实体对象的组合要安排好,并且计算机运行的时间相对较长。

### 4 轮胎三维实体的生成过程中应注意的几个问题

首先在线框模型准备阶段,必须用 region 命令将闭合区域面域化,才能进行下一步的三维建模。其次在对三维实体对象进行组合时,应根据胎面花纹选择并集、差集和交集的使用,必要时可原位复制几个实体对象。最后是对 FACETRES 变量值的设置,该变量调节经 HIDE(消隐)、SHADE(着色)、RENDER(渲染)后的实体的平滑度,有效值为 0.01~10.0,缺省值为 0.5。其值越大,显示越光滑,在渲染生成三维效果图时,通常取最大值 10,这样胎圈曲线就不会显示为折线状。

### 5 轮胎三维实体的应用

在轮胎产品设计过程中,轮胎花纹块(沟)的体积一般是由若干断面面积乘以断面长度累加求得,有时与实际体积相差较大。用本方法

生成轮胎的三维实体后,利用 AutoCAD 提供实体质量属性查询(Mass Properties),就可以方便的查询花纹块(沟)实体的体积,再乘以断面修正系数(考虑花纹沟槽壁倾角时的断面面积与直壁情况下断面面积的平均比率),即可以得到较为准确的花纹块(沟)体积,省时省力,简单易行。再者生成的轮胎三维实体,在轮胎设计阶段就更有效、更直观的反映轮胎花纹设计的实体形状,可以利用三维动态观察器进行多角度观察,输出轮胎各个角度的三维图片,与客户讨论并修改轮胎花纹设计中不协调的地方,得到满意的轮胎花纹。另外,可以对生成的轮胎三维实体进行各种富有创意的处理,给各部位着色,添加背景和贴图,调节光源,使渲染后的轮胎呈现出各种效果,输出各种轮胎三维效果图,也可以调入 3D MAX 系统制作轮胎的三维动画,在“虚拟现实空间”观看轮胎的三维动态情况,输出满意的视频文件。这些图片和视频都可供媒体宣传和网页设计使用。

### 6 结语

由于 AutoCAD 软件功能的限制,本方法生成的轮胎三维实体同真实的轮胎仍有差距(主要是花纹沟壁倾角),但毕竟为常用软件生成轮胎三维实体提供了一个简单实用的方法。我们可以展望,随着高档三维 CAD 软件在国内轮胎业的普及,国内轮胎产品的设计总有一天会由二维设计转向三维设计,产生质的飞跃。

(上接第 13 页)

采用白炭黑和硅烷补强的 BR/SSBR 并用胶,最理想的是含 25%苯乙烯和 75%乙烯基的充油丁苯橡胶,例如商品名为 BUNA 5025-1HM 的丁苯橡胶。BR 用量提高到 40%可保持耐磨性,而溶液聚合丁苯橡胶和白炭黑则可降低滚动阻力,提高雪地和湿路面抓着力。

为了解决滚动阻力(回弹性)和防滑性能之间的矛盾,可考虑新的聚合物结构设计方法,聚合物与填充剂的相互作用,控制聚合物相结构,复合化。高乙烯基含量的聚丁二烯橡胶是最早开发的

省燃料的轮胎用橡胶。乙烯基丁二烯橡胶在室温下的回弹性随着乙烯基含量增加而下降,显示出与以前概念相同的倾向。但高乙烯基含量丁二烯橡胶尽管玻璃化温度上升,而其生热小。因此,高温下其回弹性几乎不会下降。同时乙烯基含量在 70%时其湿路面防滑性能极高,当行驶轮胎胎面温度为 60℃以上时,可以达到省燃料与安全的目的。通常,轮胎用几种橡胶并用,所要求的各种性能可达到综合平衡。

参考文献:略