

CAD曲面造型技术

任庆华

摘要 论述了CAD最实用的曲面造型技术;又叙述了曲面造型的意义;各种曲面造型技术;隐线消除;曲面着色,并给出了应用实例。

一、曲面造型技术的意义

曲面造型技术在CAD的实际应用中占有重要地位,它是下述几方面技术的基础。

- CAM和NC的应用基础,只有生成了面才能在其上生成刀具路径,开展CAM工作
- FEM的应用基础,有限元的许多单元如壳单元、板单元、薄膜单元等,必须在面上生成
- 模具软件的应用基础

此外曲面造型技术还大量用在汽车、造船、飞机等行业中。用曲面造型技术可以把一辆设计中的汽车或一架飞机的外形清晰、直观地表现出来,再加上光度学和色度学的处理,可以非常逼真地显示各种设计模型供专家评审,进而在曲面模型的基础上考虑CAM。

曲面造型技术中,不仅包括各种曲面的生成方法,还包括曲面模型中隐线的消除、着色以及曲面设计和分析。

二、曲面造型技术

1. 曲面生成方法

在屏幕上,曲面是由经线——U path和纬线——V path来表示的。在U path上可有U point,在V path上可有V point。如图1所示

U path > 4

V path > 3

U point > 5

V point > 7

U path和V path的数目可根据用途加大,加大后不影响面的构造只改变其显示结果和显示速度。

(1) 平面由指定矩形面的中心和一个角而构成,该面实际上无穷大。

(2) 回转面

如图2所示,由一曲线绕一转轴回转而成。可以转 360° ,也可以转任意角度生成瓶状类的表面。生成曲面的母线只能是在转轴方向上单调递增或递减的。

(3) 曲线移动生成的柱面

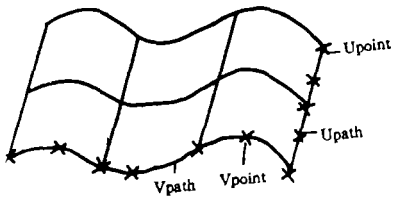


图1 曲面的U Path和V Path



图2 回转面

如图3所示,由一生成母线按指定的直线或向量方向移动,其轨迹所形成的曲面。生成母线可以是直线、圆弧、二次曲线、样条甚至三维样条。

(4) 规范曲面

如图4所示,由一根直线在任意二根空间曲线的端点移动而生成的曲面。直线必须从两曲线的同一侧端点出发,否则生成的曲面要交叉。这种曲面是以平面为基础的雕塑面的一种。

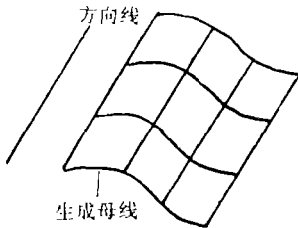


图3 曲线移动生成面

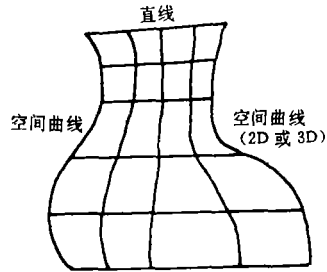


图4 规范曲面

(5) 可展曲面

如图5所示,是由各种几何体表面展开而形成的平面,形状比较规整。

(6) 网格状曲面

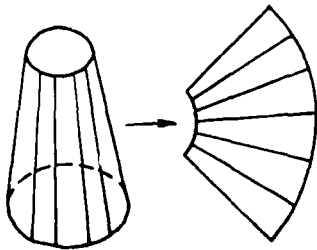


图5 可展曲面

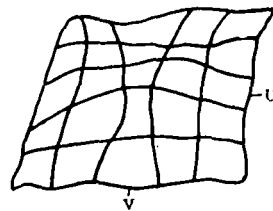


图6 网格状曲面

如图6所示,由两组曲线U和V分别做经线和纬线所围成的曲面。U和V至少各两根必须是封闭的。用这种方法可生成机翼面,鞋楦面等。它是一种以U,V网格为基础的雕塑面。事实上,它是一个模拟平滑表面,是应用各种优化准则,如曲率的稳定变化,排除曲率符号的变化,求曲率的某个加权函数的最小值等构成的,一般说来,一个面都是由以其边相连的许多插块所构成。该曲面如以参数形式表示则为

$$x = x(u, v, \{p\})$$

$$y = y(u, v, \{p\})$$

$$z = z(u, v, \{p\})$$

$$u_1 < u < u_2, v_1 < v < v_2, \{p\} = \text{插块参数}$$

已证明，雕塑曲面的这种表示方法是最有效的方法。插块参数 $\{p\}$ 最好是在与插块节点有关的数值（坐标、导数、曲率）的基础上定义，表示这些插块的不同方法能保证沿边线的各种不同的连续程度。

(7) 圆角面

如图7所示，是在两相贯面间生成。要给出生成圆角面的半径和方向，生成时一般要先指明小的相贯面。

(8) 偏置面

如图8所示，在已知曲面的一侧按给定距离 d 所生成的与原曲面相同的曲面，面上各点均与原始点相垂直。

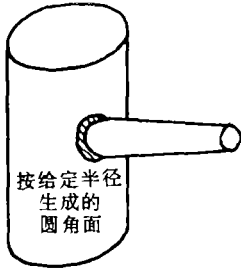


图7 圆角面

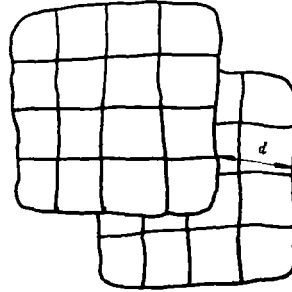


图8 偏置面

(9) 球面

如图9所示，按给定半径可生成全球和半球，如果在经线方向上转 $0 - 180^\circ$ ，在纬线方向上转 $0 - 60^\circ$ 则为 $1/4$ 球。

(10) 圆柱面

如图10所示，按给定半径 r 和长度 l 可生成圆柱面。柱面的长度在 x 轴方向，而实心圆柱体则规定 z 轴是其长度方向。

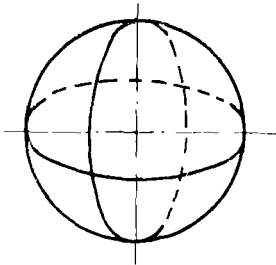


图9 球面

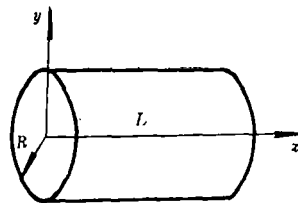


图10 圆柱面

(11) 圆环曲面

如图11所示，半径为 R_1 的小圆以 R_2 为半径绕转轴转 360° ，即形成圆环曲面。

$$R_1 < R_2$$

(12)圆锥曲面

如图12所示，由一直角梯形的斜边绕其直角边旋转而成。

$R_2 > R_1$ ，且 R_1 可为零

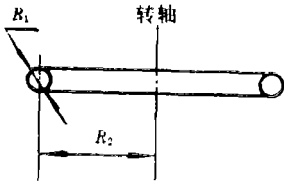


图11 圆环曲面

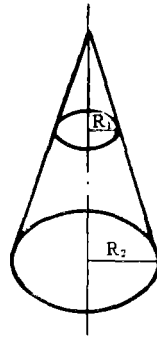


图12 圆锥曲面

(13)组合面

如图13所示，曲面与曲面可以组合成组合面，组合时的边界线可以是曲线但必须相匹配，否则组合不到一起。

(14)移动形成面

如图14所示，一曲线沿另一条曲线移动，其包络面围成的曲面即为移动形成面。

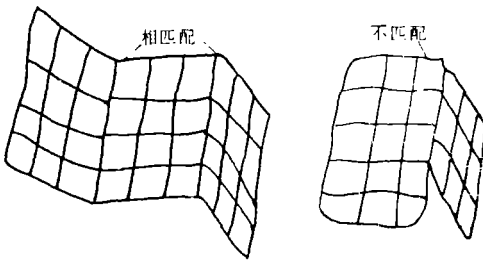


图13 组合面

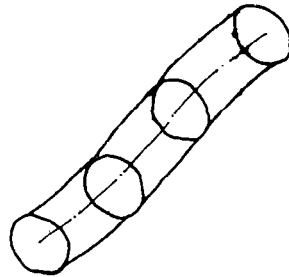


图14 移动形成面

(15)耐波斯曲面

如图15所示，是一种非均匀有理B样条曲面，在生成时先生成至少两条U曲线，其上控制点数即为生成曲面的V曲线数，之后可由修改控制点的方式改变曲面形状。

(16)贝赛尔曲面

如图16所示，可由各种方法生成贝赛尔曲面，也可由修改控制点的方法改变贝赛尔面的

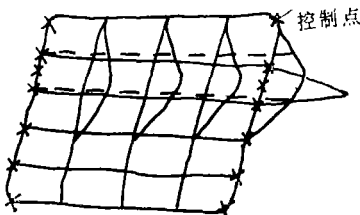


图15 耐波斯曲面

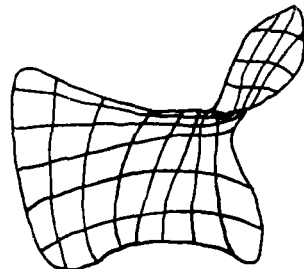


图16 贝赛尔曲面

形状，贝赛尔曲面可生成比较平滑的空间曲面，在造面中实用性较强。

上述各曲面可分为下述几种面系统：

- 平面系统：如平面
- 以近似平面为基础的雕塑面系统，如规范面
- 以插块式 (u, v) 网格为基础的雕塑面系统，如网格状曲面、耐波斯曲面、贝赛尔曲面
- 解析面系统，如圆锥曲面
- 各种面的组合系统，如组合面

表 1 给出了早期的一些曲面定义系统

表1

系 统	操 作	曲 线 函 数	面 的 类 型
AUTOKON	整 形	三次样条函数	—
SYSTRIOI	整形、插值法	多项式	贝塞尔曲面
UNISURF	插值法	贝塞尔曲线	贝塞尔曲面

2. 隐线消除

六十年代中期以来，由于CAD技术发展的要求，许多数学家一直在研究解决消除三维不透明体的隐面和隐线问题，设计了各种各样的算法。

隐线算法是为向量型显示器及绘图仪这样的线型输出设备设计的。隐面算法则是为光栅型输出设备设计的。所有算法的基本程序核心是按照三种不同策略之一设计的，它们是：

- 面试验法
- 点试验法
- 点面综合试验法

算法的基本原则是把面和线都划分成非常小的面或线段。在划分时要保证任何一线段或面上的试验点都不会被空间中的任何一个面所遮挡。这种方法需要大量的存贮空间和计算机时间，还需要编写合理的优先处理程序和叠加处理程序，比较复杂。

在一般好一点的软件中，都装有现成的隐线消除程序。只要选菜单进行必要的人机会话即可消除隐线。

3. 曲面着色

为了使生成的面模型更加生动、逼真以及使有限元模型层次分明，常常要借助面着色来增强这一效果。一般着色程序和缺省值系统已装好，用户只需按屏幕提示选用合适菜单即可。现以美国Auto-tral公司的S7k软件为例。其步骤为：

(1) 选定着色的物体，可以是一个或一组曲面，也可以是一个或一组FEM单元。

(2) 选打光方向，系统定义为

$$\begin{aligned} x &= 0 \\ y &= 0 \\ z &= -1 \end{aligned}$$

即光线是从外面垂直向屏幕打过来，用户可根据自己的需要改变打光方向。

(3) 定光强

系统定义为0.3，一般可选范围为 0 — 1，需选定：

- 散射度 此值增加照光面变暗
- 光亮度 此值增加照光面变亮
- 透明度 0 — 不透明, 1 — 全透明

改变散射度和光亮度即可调打光的对比度。另外系统定义观察面和屏幕的距离为 $z = 1000''$ 。

(4) 选择着色颜色

可由系统定义, 也可由用户定义, 自己定义的颜色会更丰富一些。

(5) 选周围环境亮度系数

强度可为 0 — 1。

(6) 选光源数。共三种光源, 所选光源总数要小于 20 个, 系统缺省值为

a. 无限远光源数 = 3, 即太阳光数。

b. 散射光源数 = 0, 即灯泡数

c. 定向光源数 = 0, 即聚光灯数

(7) 对于上述所选定的光源, 按系统要求确定各光源的位置、强度、照射方向。

(8) 选定着色方式

a. Flat 着色速度快

b. Gourad 着色速度慢, 较光顺

c. Phong 着色速度最慢, 最光顺

(9) 是否加纹理

如选加纹理, 系统会问加哪一种纹理, 在什么地方加……, 系统已内定 38 种纹理可供选用, 根据需要还可自己再设定。可以对同一面加不同的纹理, 也可对不同的面加相同或不同的纹理, 完全按需要而定。

三、实 例

图 17, 18 分别为某零件和汽车面造型的照片。照片中的面模型是用各种造面的办法生成的, 经打光着色后犹如真的一样。在图 17 中有的面是透明的、半透明和加了纹理的。

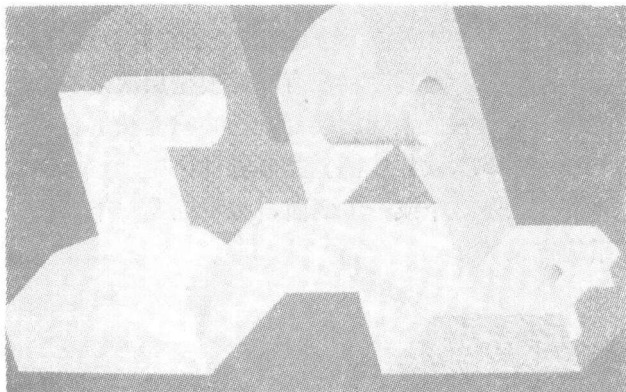


图 17 零件面模型

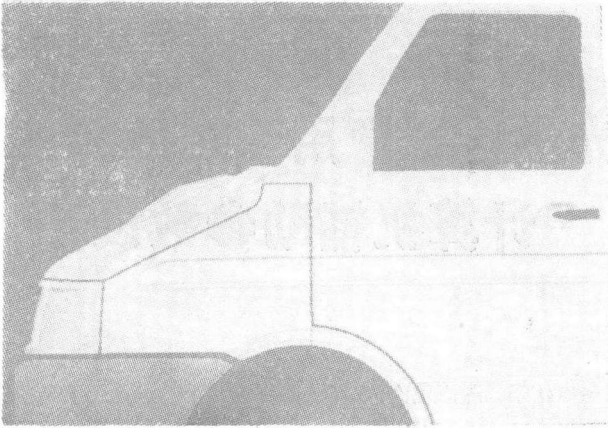


图18 汽车面模型

四、结 束 语

本文重点介绍了曲面造型技术。所介绍的几种方法仍然是基本的造面办法。随着软件和计算机技术的发展,各种新的造面办法也在不断出现。在目前的造面办法中,Bezier 曲面应用较广,用它可生成比较光滑的复杂三维曲面,已用它成功地造出了复杂的汽车面模型和鞋楦的面模型。

曲面造型技术也是 CAD 技术的热点之一。因为它不仅是生成面模型更重要的是开展 CAD 的基础,刀具路径的生成也要以面为基础。面模型也是对复杂曲面进行曲面分析计算的基础,更是进行FEM计算的基础。种种原因都决定了面造型技术在CAD技术发展中占有重要地位,有待于大力发展。

参 考 文 献

- [1] Auto-tral User's Guide; User Guide, Release, 6.0, 1988.
- [2] J. 恩卡纳考,《计算机辅助设计——基本原理与系统结构》,科学普及出版社,1988.11
- [3] 任庆华,光学机械,1990.'No. 5.

Computer Surface Modeling Technology

Ren Qinghua

Abstarct

The most practical computer surface modeling technology is stated in this paper.

The significance of surface modeling, various surface technology, hidden line removal, surface shading are mentioned and some practical examples are given.