

# B 样条曲线、曲面的计算机辅助设计 及可控修形研究

赵艳霞

孙倩雯

(郑州工业高等专科学校, 450007) (郑州市第二人民医院, 450001)

**摘要** 文章对 B 样条曲线、B 样条曲面的生成进行了研究, 同时还研究了 B 样条曲线和曲面的可控修形, 即在原来基础上修改成所需的任意形状。生成及修改的结果可在计算机上显示。该研究是用 C 语言实现其算法的。

**关键词** B 样条曲线; B 样条曲面; 德布尔算法; 步长

**中图分类号** HT 161

## 0 引言

工业产品的形状大致可分为两类: 一类是仅由初等解析曲面组成的, 例如由平面、圆柱面、圆锥面、球面、圆环面等组成, 这类产品的形状可用画法几何与机械制图完全清楚地表达和传递所包含的全部形状信息; 第二类是不能由初等解析曲面组成, 而是以复杂方式自由变化的曲线曲面即自由型曲线曲面组成, 显然, 这一类形状单纯用画法几何与机械制图是不能表达清楚的。传统上采用模线样板法表示和传递自由曲线曲面的形状, 这种方法所表达与传递的形状因人而异, 设计与制造人员要付出繁重的体力劳动, 且设计周期长、制造精度低, 不能适应现代工业的发展形势。这就导致了计算机辅助几何设计的产生和发展。依据定义形状的几何信息建立相应的曲线曲面方程, 即数学模型, 并在计算机上通过计算和处理程序, 计算出曲线曲面上大量的点及其它信息。其间, 通过分析与综合就可以了解所定义形状具有的局部和整体的几何特征。形状的几何定义为所有的后处理如数控加工、物性计算、有限元分析等提供了必要的先决条件。图 1、图 2 分别是曲线和曲面计算机生成的流程图。

## 1 B 样条曲线的生成与显示

### 1.1 B 样条曲线控制顶点及控制多边形的生成<sup>[1]</sup>

B 样条曲线采用顶点定义。采用顶点表示后, 给输入与交互修改设计曲线带来莫大的方便, 只要移动顶点就可以灵活地控制曲线的形状。

控制顶点的生成由下面几个过程来完成:

1.1.1 程序先对控制顶点的坐标赋值:  $\text{Contr} \rightarrow x = 0$ ;  $\text{Contr} \rightarrow y = 0$ 。

1.1.2 然后将鼠标所在点的坐标赋给控制顶点:  $\text{Contr} \rightarrow x = \text{mouse-x}$ ;  $\text{Contr} \rightarrow y = \text{mouse-y}$ 。

1.1.3 调入画直线函数, 以坐标点  $(x, y)$  为中心, 画小十字线:  $\text{line}(x-2, y, x+2, y)$ ;  $\text{line}(x, y-2, x, y+2)$ 。

此时一个点的输入结束, 重复这个过程便会在屏幕上得到一系列的控制顶点。点的输

收稿日期: 1998-01-02; 修改稿返回日期: 1998-09-18

第一作者 女 1963 年 3 月生 学士学位 讲师

入结束后,调入直线命令,依次连接控制顶点,即在屏幕上生成控制多边形。图 3 为输出的控制多边形。

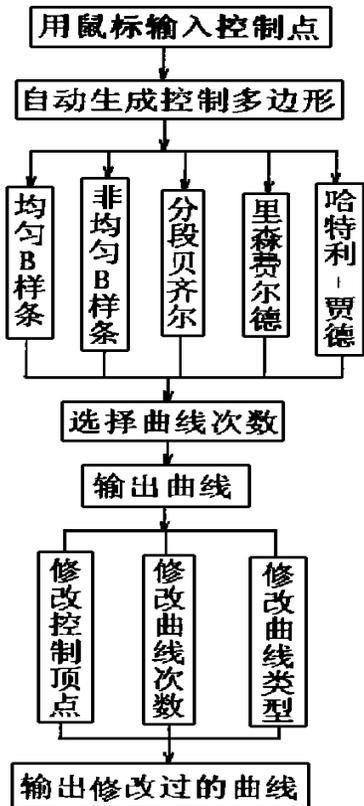


图 1 曲线生成流程图

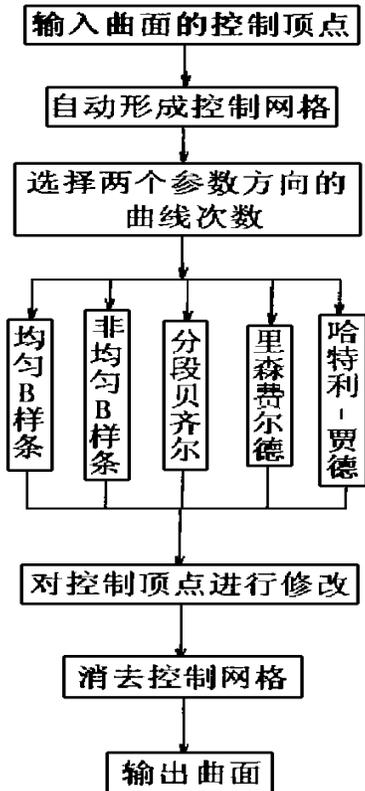


图 2 曲面生成流程图

### 1.2 求 B 样条曲线上的点

控制多边形确定后,B 样条曲线的形状取决于 B 样条曲线的次数及曲线的类型(这里曲线类型分为均匀 B 样条、非均匀 B 样条、分段贝齐尔、里森费尔德、哈特利-贾德 5 类)。一旦次数和类型确定,B 样条曲线也就唯一地确定了。

求 B 样条曲线上的点可采用德布尔算法的递推公式。

$$P(u) = \sum_{j=i-k+l}^i d_j^l N_{j,k-l}(\mu) = \dots = d_i^k, \mu_i \leq \mu \leq \mu_{i-1}$$

$$d_j^l = \begin{cases} d_j & l = 0 \\ (1 - \alpha_j^l) d_{j-1}^{l-1} + \alpha_j^l d_j^{l-1} & l = 1, 2, \dots, k \\ \alpha_j^l = \frac{\mu - \mu_j}{\mu_{j+k+1-l} - \mu_j} & j = i - k + l, \dots, i \end{cases} \quad \text{性计} \quad \left( \frac{0}{0} = 0 \right)$$

这里  $P(u)$  为所求曲线上的点。

### 1.3 光滑连接

对于求出的 B 样条曲线上的系列点,依次用小直线段连接。由于在程序中选取的步

长非常小,所以在屏幕上显示出所定义的一条眼观光滑的 B 样条曲线(如图 4 示)。

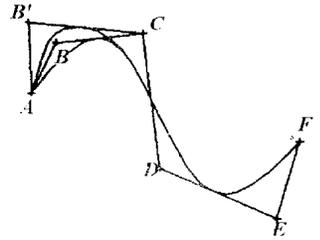
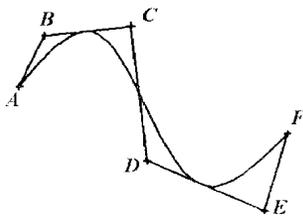
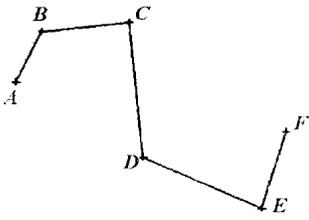


图 3 曲线的控制多边形

图 4 B 样条曲线

图 5 移动一个顶点后曲线的变化情况

## 1.4 修改

本程序可对任一控制顶点的位置、曲线次数、曲线类型进行修改,重新计算,可在原来的基础上显示修改后的 B 样条曲线。

图 5 为修改一个控制顶点 B 为  $B'$  后,形成的 B 样条曲线。可以看出在修改点处曲线形状变化最大。由此可知,对 B 样条曲线的修改可以生成所希望的任意形状。

## 2 B 样条曲面的生成与显示

### 2.1 B 样条曲面控制网络的生成<sup>[2]</sup>

本程序用文件输入曲面的控制顶点  $d_{i,j}$ , 这里  $i = 0, 1, \dots, m; j = 0, 1, \dots, n; 0 < m, n < l$ 。

### 2.2 选取两个参数方向的次数及曲线类型

曲线两个方向的次数分别用  $k$  与  $l$  表示,其取值范围:  $0 < k \leq m, 0 < l \leq n$ 。屏幕上提示选取曲线类型后,即有弹出式菜单,有前面提到的 5 种曲线类型可供选择。

### 2.3 求 B 样条曲面上的点

选取两个参数方向的合适步长,将德布尔算法推广到曲面,计算并显示曲面上每个参数方向的对应于定义域内的眼观光滑的等参数线。

其生成 B 样条曲面的算法如下:

设给定曲面定义域一对参数值  $(u, v)$ , 欲求该 B 样条曲面上对应的点  $P(u, v)$ , 可以先沿任一参数方向譬如先沿  $v$  参数方向,按如下步骤进行:首先,以参数值对沿  $v$  参数方向的  $m+1$  个控制多边形执行用于计算 B 样条曲线上点的德布尔算法,求得  $m+1$  个点作为中间顶点,构成中间多边形。然后,以  $u$  参数值对这中间多边形执行 B 样条曲线的德布尔算法,所得一点即所求 B 样条曲面上一点  $P(u, v)$ 。给出一系列的  $u, v$  值,就得到曲面上的一系列点。

### 2.4 光滑连接生成曲面

对于求出的 B 样条曲面上的一系列的点,依次用小直线段连接,即在屏幕上显示出所定义的一张眼观光滑的等参数线,即 B 样条曲面片。图 6 为屏幕输出的控制网络及曲面片。

### 2.5 修改

本程序可对任一控制网络顶点的位置进行修改,重新计算,可在原来的基础上显示修改后的 B 样条曲面。由上可知,对 B 样条曲面的修改可以生成所希望的任意形状。

图 7 为修改一个控制顶点 A 为  $A'$  后,形成的 B 样条曲面。可以看出在修改点处曲面

形状变化最大。由上可知,对 B 样条曲面的修改可以生成所希望的任意形状。

### 3 结 论

本程序界面友好,系统稳定、可靠。观察众多的机械产品,曲面使用非常普遍,B 样条曲面的研究是为形成带有曲面的机械产品做前期的工作,后期的工作是形状各异的曲面体的自动生成,加工过程的计算机模拟。

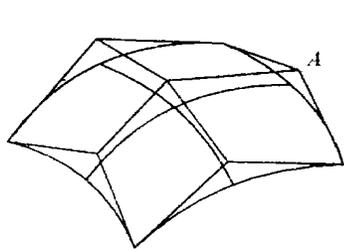


图 6 控制网格及其曲面片

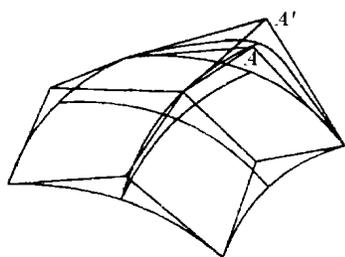


图 7 修改一个控制顶点后形成的 B 样条曲面

### 参 考 文 献

- 1 施法中. 计算机辅助几何设计与非均匀有理 B 样条. 北京:北京航空航天大学出版社,1994.228~318
- 2 谭浩强. C 程序设计. 北京:清华大学出版社,1995

## Study on CAD of B-spline Curve and Surface and Controllable Repair Shape

Zhao Yanxia

Sun Qianwen

(Zhengzhou polytechnic Institute) (The Second Hospital of Zhengzhou)

**Abstract** This paper studies the B-spline curve and B-spline surface and the controllable repair shape. The results can be shown on the computer screen. The corresponding algorithm is programmed in the C advanced programming Language.

**Keywords** B-spline curve; B-spline surface; Doobr Algorithm; step distance