1000-9825/2002/13(04)0859-04 ©2002 Journal of Software 软 件 学 报 Vol.13, No.4

BBN 曲面的形状分析与控制*

王兴波

(国防科学技术大学 机电工程与自动化学院,湖南 长沙 410073)

E-mail: xbwang@public.cs.hn.cn

http://www.nudt.edu.cn

摘要: 研究了调节凸 Bézier 曲面、B-样条曲面及 NURBS 曲面(BBN 曲面)一个控制点以后,曲面形状变化的规律.通过将 BBN 曲面分解成一张凸曲面与具有特殊形状曲面的叠加,建立了曲面变形前后一些几何量与变形位移量之间的数量关系,得到了凸 BBN 曲面失去凸性的充分条件和判据.相应的结果可应用于调节与控制 BBN 曲面形状的算法设计.

关 键 词: CAD 造型;参数曲面;形状控制;算法设计

中图法分类号: TP391 文献标识码: A

Bézier 曲面、B-样条曲面及 NURBS 曲面(本文统称为 BBN 曲面)是 CAD/CAM 系统广泛采用的描述其设计模型的工具.设计者可以通过调节 BBN 曲面的控制顶点来调整曲面的形状.这种调整通常表现为,在保持曲面原有凸性的基础上对一个曲面片(patch)进行微调.因此,有关 BBN 曲面保凸调形的问题一直是人们研究的热点.自 20 世纪 80 年代以来,国内外学者纷纷展开了这方面的研究,也取得了一些成果[1~6].然而,就矩形域上的张量积参数 BBN 曲面而言,仍有许多问题需要进一步解决.

现有的理论和方法力图从正面回答 BBN 曲面保凸的问题,即什么样的控制网格可产生凸的曲面.但是从优化设计的角度来看,这样的研究还远远不够.优化设计需要从一系列符合条件的模型中选择一个最好的,因此曲面失去凸性的临界条件显得十分重要.凭设计者的经验和直觉判定、得到的临界条件显然是不科学的.因此研究凸曲面凸性被破坏的条件,以便为 CAD 系统设计出自动判断的算法,对于优化设计十分重要.

本文研究了调节凸 Bézier 曲面、B-样条曲面及 NURBS 曲面(BBN 曲面)一个控制点后曲面形状变化的规律.通过将 BBN 曲面分解成一张凸曲面与具有特殊形状曲面的叠加,建立了曲面变形前后一些几何量与变形位移量之间的数量关系,得到了凸 BBN 曲面失去凸性的充分条件和判据.本文的结果可应用于调节与控制 BBN 曲面形状的算法设计.

1 凸 BBN 曲面的变形分析

由控制顶点 $\boldsymbol{P}_{ij}(i=0,1,\ldots,n;j=0,1,\ldots,m)$,节点矢量 $\boldsymbol{U}=[u_0,u_1,\ldots,u_{m+p+1}]$,$\boldsymbol{V}=[v_0,v_1,\ldots,v_{m+q+1}]$确定的张量积 BBN 曲面可以统一表示成:

$$S(u,v)=\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{m}P_{i,j}B_{i,p}(u)B_{j,q}(v)\ ,u_p\le u\le u_{m+1},u_q\le u\le u_{n+1}. \tag{1}$$

这里,$B_{i,p}(u),B_{j,q}(v)$是 BBN 基函数.

设 $\boldsymbol{S}_1$ 是由式(1)定义的在端点具有 p 重 $\boldsymbol{U}$ 节点、q 重 $\boldsymbol{V}$ 节点的凸 BBN 曲面.现在考虑将控制顶点 $\boldsymbol{P}_{r,s}(0\le r\le n,0\le s\le m)$调整为 $P^*_{r,s}$ 时 $\boldsymbol{S}(u,v)$失去凸性的条件.设 $\boldsymbol{S}_2$ 为调整后的曲面,则 $\boldsymbol{S}_2$ 可以表示为

* 收稿日期: 2000-11-17; 修改日期: 2001-09-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50175106);湖南省自然科学基金资助项目(99YJJ20051)

作者简介: 王兴波(1963－),男,湖北安陆人,博士,副教授,主要研究领域为 CAD/CAM 技术,优化设计与评估,模具工程.

$$\boldsymbol{S}_2=\boldsymbol{S}_1+\boldsymbol{S}_{rs}. \tag{2}$$

这里,$\boldsymbol{S}_{rs}=\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}B_{r,n}(u)B_{s,m}(v)$.

不难发现,$\boldsymbol{S}_2(u,v)$的每一点可以由点 $\boldsymbol{S}_1(u,v)$沿着矢量 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}$ 的方向平移$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}|B_{r,n}(u)B_{s,m}(v)$而得到,如图 1 所示.

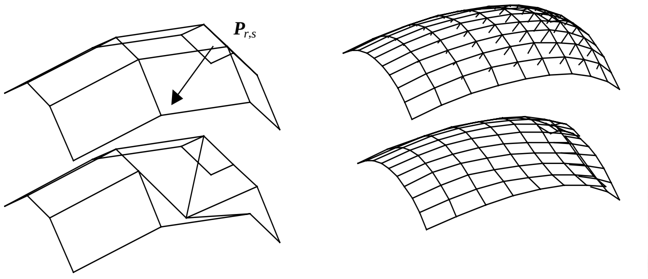

Fig.1 Deformation of a BBN surface
图 1 BBN 曲面的变形

根据物理规律,$\boldsymbol{S}_1$ 变形最剧烈的地方对应于$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}|B_{r,n}(u)B_{s,m}(v)$的峰值附近.故 $\boldsymbol{S}_1$ 在$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}|B_{r,n}(u)B_{s,m}(v)$峰值对应点及其附近的形状变化数据是描述其变形的重要指标.

设$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}|B_{r,n}(u)B_{s,m}(v)$在$(u_0,v_0)$取得峰值,$\boldsymbol{P}_1=\boldsymbol{S}_1(u_0,v_0),\boldsymbol{P}_2=\boldsymbol{S}_2(u_0,v_0)$;取参数 u,v 的一个增量 $\varDelta u,\varDelta v$,取点:

$$\boldsymbol{Q}^1{}_1=\boldsymbol{S}_1(u_0-\varDelta u,v_0),\boldsymbol{Q}^1{}_2=\boldsymbol{S}_1(u_0+\varDelta u,v_0),\boldsymbol{Q}^1{}_3=\boldsymbol{S}_1(u_0,v_0-\varDelta v),\boldsymbol{Q}^1{}_4=\boldsymbol{S}_1(u_0,v_0+\varDelta v),$$
$$\boldsymbol{Q}^2{}_1=\boldsymbol{S}_2(u_0-\varDelta u,v_0),\boldsymbol{Q}^2{}_2=\boldsymbol{S}_2(u_0+\varDelta u,v_0),\boldsymbol{Q}^2{}_3=\boldsymbol{S}_2(u_0,v_0-\varDelta v),\boldsymbol{Q}^2{}_4=\boldsymbol{S}_2(u_0,v_0+\varDelta v), \tag{3}$$

则空间四边形 $\boldsymbol{Q}^1{}_1\boldsymbol{Q}^1{}_2\boldsymbol{Q}^1{}_3\boldsymbol{Q}^1{}_4,\boldsymbol{Q}^2{}_1\boldsymbol{Q}^2{}_2\boldsymbol{Q}^2{}_3\boldsymbol{Q}^2{}_4$ 四条边的中点分别确定两个平行四边形 Q_1,Q_2.以 Q_1,Q_2 的中心 $\boldsymbol{O}_1,\boldsymbol{O}_2$ 作矢量 $\boldsymbol{N}_1=\boldsymbol{P}_1\boldsymbol{O}_1,\boldsymbol{N}_2=\boldsymbol{P}_2\boldsymbol{O}_2$,记 $\boldsymbol{N}^1{}_2$ 为 $\boldsymbol{N}_2$ 在 $\boldsymbol{N}_1$ 上的投影,则有以下几种情形:

(1) $\boldsymbol{N}^1{}_2=0$;

(2) $\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}^1{}_2$ 方向相反;

(3) $\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}^1{}_2$ 方向相同.

可以证明,在情形(1)和情形(2)下,$\boldsymbol{S}_1$ 变形后在 $\boldsymbol{P}_2$ 失去原来凸性.

事实上,由于 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 与$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}|B_{r,n}(u)B_{s,m}(v)$的峰值点对应,从而以平行四边形 Q_1,Q_2 为底,$\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 为顶点的凸锥的锥向分别与 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 附近的凸向相同.此即 $\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}_2$ 分别指向 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2$ 凸的方向.情形(2)表明,$\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 附近的方向是相反的,因此 $\boldsymbol{S}_1$ 是凸的则 $\boldsymbol{S}_2$ 是凹的.对情形(1)而言,根据曲面的连续性,$\boldsymbol{S}_2$ 上至少存在一点 $\boldsymbol{P}'_2$ 使得 $\boldsymbol{O}_2\boldsymbol{P}'_2$ 在在 $\boldsymbol{N}_1$ 上的投影与 $\boldsymbol{N}_1$ 反向;于是问题归结为情形(2).

如果 $\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_2$ 的 Gauss 曲率不为负,则 $\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_2$ 为凸(或为平点-凸的一种特例).情形(3)表明 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 附近的凸向是相同的,因此 $\boldsymbol{S}_1$ 变形后没有改变原有凸性.从而有:

定理 1. 设 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2,\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2,\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}_2$ 是如前所定义的各种几何量,如果 $\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_2$ 的 Gauss 曲率不为负,且 $\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}_2$ 之间的角度是锐角,则 $\boldsymbol{S}_1$ 变形后将保持原有凸性;否则 $\boldsymbol{S}_1$ 变形后将失去原有凸性.

推论 1. 设 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2,\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 是如前所定义的各种几何量,$\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}_2$ 是 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2$ 上按照同一参数定向在 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 点的法矢,如果 $\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_2$ 的 Gauss 曲率不为负,且 $\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}_2$ 之间的角度是锐角,则 $\boldsymbol{S}_1$ 变形后将保持原有凸性;否则 $\boldsymbol{S}_1$ 变形后将失去原有凸性.

根据法矢量的定义,从几何上不难看出,推论 1 描述的凸性改变实际上是一种严重的局部变形——扭曲.依据上述定理和推论可设计相关的算法,因篇幅所限本文不再列出.以下讨论 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}$ 与形状变化的数量关系.

记 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2$ 在 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 点的偏导矢为 $\boldsymbol{S}^1{}_u,\boldsymbol{S}^2{}_u,\boldsymbol{S}_u,\boldsymbol{S}^1{}_v,\boldsymbol{S}^2{}_v,\boldsymbol{S}_v,\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{N}_2$ 是 $\boldsymbol{S}_1,\boldsymbol{S}_2$ 按照同一参数定向在 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 点的法矢,则

$$\boldsymbol{S}^2{}_u\times\boldsymbol{S}^2{}_v=\boldsymbol{S}^1{}_u\times\boldsymbol{S}^1{}_v+\boldsymbol{S}^1{}_u\times\boldsymbol{S}_v+\boldsymbol{S}_v\times\boldsymbol{S}^1{}_u+\boldsymbol{S}_u\times\boldsymbol{S}_v. \tag{4}$$

根据 $\boldsymbol{S}_{rs}$ 的定义知,$\boldsymbol{S}_u,\boldsymbol{S}_v$ 与 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}$ 的方向相同,记 $\boldsymbol{S}_u=\alpha\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s},\boldsymbol{S}_v=\beta\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s},(\alpha,\beta>0)$,于是式(4)可以写成

$$\boldsymbol{S}^2{}_u\times\boldsymbol{S}^2{}_v=\boldsymbol{S}^1{}_u\times\boldsymbol{S}^1{}_v+(\alpha\boldsymbol{S}^1{}_u-\beta\boldsymbol{S}^1{}_v)\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}. \tag{5}$$

易知$\alpha\boldsymbol{S}^1{}_u-\beta\boldsymbol{S}^1{}_v$是 $\boldsymbol{S}_1$ 在 $\boldsymbol{P}_1$ 点切平面π的一个矢量,记之为 $\boldsymbol{T}_p$,则有

$$\boldsymbol{S}^2{}_u\times\boldsymbol{S}^2{}_v=\boldsymbol{S}^1{}_u\times\boldsymbol{S}^1{}_v+\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}. \tag{6}$$

此即

$$\boldsymbol{N}_2=\boldsymbol{N}_1+\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}. \tag{7}$$

对于给定的参数定向而言,$\boldsymbol{T}_p$ 的方向不变,故 $\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 的方向取决于 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 的方向.设 $\boldsymbol{T}_p$ 与 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 所决定的平面与π之间的二面角为θ,则 $\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 与π之间的角度为$\pi/2-\theta$(如图 2 所示).

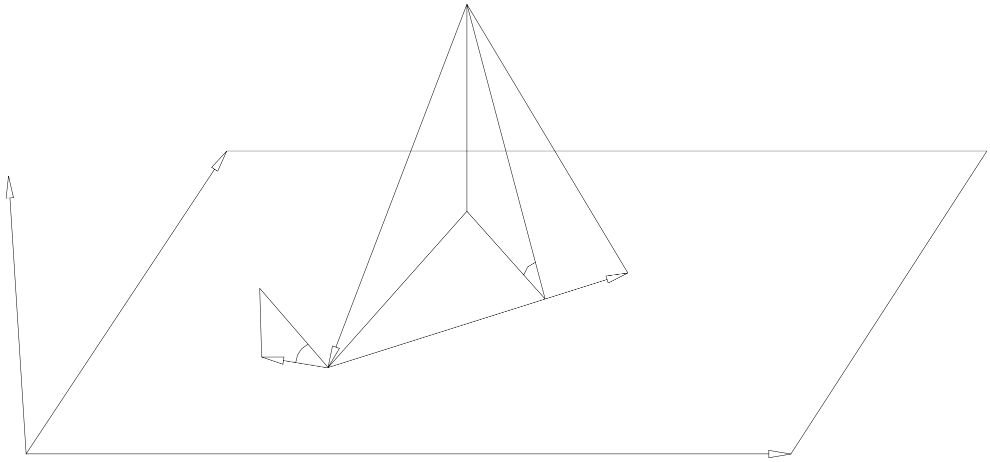

Fig.2 Angular relationship between $\boldsymbol{N}_1$ and $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$

图 2 $\boldsymbol{N}_1,\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 角度关系示意图

不难看出以下几点:

(1) 如果 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 指向π的正方向,那么 $\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 也在π的正侧,$\boldsymbol{N}_2=\boldsymbol{N}_1+\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 在 $\boldsymbol{N}_1$ 上的投影必与 $\boldsymbol{N}_1$ 同向.曲面在 $\boldsymbol{P}$ 点不会发生扭曲.

(2) 如果 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 指向π的负方向,那么 $\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 必在π的负侧,因此当$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}|$达到一定数量时,$\boldsymbol{N}_2=\boldsymbol{N}_1+\boldsymbol{T}_{\mathrm{p}}\times\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 在 $\boldsymbol{N}_1$ 上的投影与 $\boldsymbol{N}_1$ 反向,致使曲面发生扭曲变形.

(3) $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 平行于π属于临界情况,在形状调整过程中不会出现,故本文不对其作深入研究.

在 CAD/CAM 曲面造型过程中,扭曲变形是要严格控制的.下面的定理给出了扭曲变形的一个数量关系.

定理 2. 设 $\boldsymbol{S}$ 是由式(1)定义的光滑凸 BBN 曲面,$B(u,v)=B_{r,n}(u)B_{s,m}(v)$,$B$ 在(u_0,v_0)取得最大值,$\boldsymbol{S}_{\mathrm{u}},\boldsymbol{S}_v,\boldsymbol{N}$ 是 $\boldsymbol{S}$ 对应于(u_0,v_0)的偏导矢及法矢,如果以下方程:

$$|(S_uB_v-S_vB_u)\times X+N|^2+|N|^2-|(S_uB_v-S_vB_u)\times X|^2=0$$

存在一个解 $\boldsymbol{X}_0$,那么当$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}|>|\boldsymbol{X}_0|$时,变换 $\boldsymbol{P}_{r,s}\rightarrow\boldsymbol{P}^*{}_{r,s}$ 将使曲面发生扭曲变形.

证明:设切平面π的正侧是曲面的法矢 N 所指的半空间;由于$(\boldsymbol{S}_u\mathrm{B}_v-\boldsymbol{S}_vB_u)$是$\pi$里的一个矢量,因此对于任意指向$\pi$的负侧且与 N 不共面的矢量 $\boldsymbol{X}$ 都有$(\boldsymbol{S}_uB_v-\boldsymbol{S}_vB_u)\times\boldsymbol{X}$ 也指向π的负侧.由于 $\boldsymbol{N}$ 的长度不变,故 $\boldsymbol{N}+(\boldsymbol{S}_uB_v-\boldsymbol{S}_vB_u)\times\boldsymbol{X}$ 将会随 $\boldsymbol{X}$ 变长指向π的负侧,其极限情况是 $\boldsymbol{N}+(\boldsymbol{S}_uB_v-\boldsymbol{S}_vB_u)\times\boldsymbol{X}$ 在π里.在极限情形时,由平行四边形法则可知 $\boldsymbol{N},(\boldsymbol{S}_uB_v-\boldsymbol{S}_vB_u)\times\boldsymbol{X},(\boldsymbol{S}_uB_v-\boldsymbol{S}_vB_u)\times\boldsymbol{X}+N$ 构成一个直角三角形(如图 3 所示),满足定理的方程.当 $\boldsymbol{N}$ 与 $\boldsymbol{X}$ 共面时,根据曲面的光滑性可知,在 $\boldsymbol{N}$ 附近必有 $\boldsymbol{N}^*$ 与 $\boldsymbol{X}$ 不共面.故定理获证. □

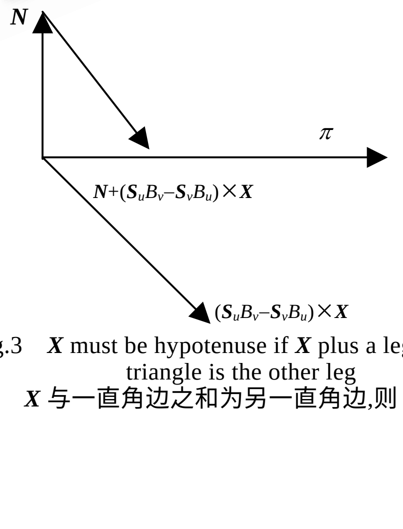

Fig.3 $\boldsymbol{X}$ must be hypotenuse if $\boldsymbol{X}$ plus a leg of a right triangle is the other leg

图 3 $\boldsymbol{X}$ 与一直角边之和为另一直角边,则 $\boldsymbol{X}$ 必为斜边

根据连续性特征可知,曲面由凸到失去凸性之间的变化是连续变化的,因此存在一种临界状态.按照微分几何建立曲面第 2 基本量的方法,利用变形前后曲面上同一参数对应点到 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2$ 处切平面的有向距离 δ_1, δ_2 可得到这种临界状态的关系.如果将指向切平面正向的有向距离为正的话,则有:

定理 **3**. 如果变形前任意 δ_1 都为正,而变形后至少存在一个 δ_2 为负,则曲面在 $\boldsymbol{P}$ 点失去原有凸性.

定理 3 表明,变形过程中使有向距离变为 0 的位置是临界位置.此时,曲面在 $\boldsymbol{P}$ 点附近变为平面,其第 2 基本量的系数全部为零,故得:

定理 **4**. 如果存在一个 $\boldsymbol{X}$,使得

$$(\boldsymbol{N}+\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{X},\boldsymbol{S}^2_u)=(\boldsymbol{N}+\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{X},\boldsymbol{S}^2_v)=(\boldsymbol{N}+\boldsymbol{T}_p\times\boldsymbol{X},\boldsymbol{S}^2_{uv})=0.$$

那么当$|\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}|>|\boldsymbol{X}|$时,变换 $\boldsymbol{P}_{r,s}\to\boldsymbol{P}^*_{r,s}$ 将使曲面发生凹变形.

根据这个定理,找到 $\boldsymbol{S}_u,\boldsymbol{S}_v,\boldsymbol{S}_{uv}$ 与 $\boldsymbol{P}_{r,s}\boldsymbol{P}^*_{r,s}$ 的关系就可以准确地计算出曲面变凹的临界条件.

References:

[1] Hua, Xuan-ji, Kuang, Zhi-quan. A theorem on Bézier patch's convexity. Journal of Zhejiang University, 1982,(Collection on 1982-Conference on Computational Geometry):182~189 (in Chinese).

[2] Liang, You-dong. A geometry theory and convexity and shape preservation of B-spline curves and surfaces. Journal of Zhejiang University, 1982,(Collection on 1982-Conference on Computational Geometry):77~96 (in Chinese).

[3] Piegl, L. Modifying the shape of rational B-splines (Part II): surfaces. CAD, 1989,21(8):509~518.

[4] Zhu, Gong-qin, Yin Ming. The convexity of parametric Bézier patch over rectangle. Journal of Computational Maths, 1994,(3):273~277 (in Chinese).

[5] Guillet, S., Leon, J.C. Parametrically deformed free-form surfaces as part of a variational model. Computer Aided Design, 1998,30(7):621~630.

[6] Hu, Shi-min, Zhu, Xiang, Sun, Jia-guang. Shape modification of NURBS surfaces via constrained optimization. Journal of Software, 2000,11(12):1567~1571 (in Chinese).

附中文参考文献:

[1] 华宣积,邝志全.Bézier 曲面的凸性定理.浙江大学学报,1982,(计算几何讨论会论文集):182~189.

[2] 梁友栋.B 样条曲线曲面的几何理论及其保凸性、保形性.浙江大学学报,1982,(计算几何讨论会论文集):77~96.

[4] 朱功勤,殷明.张量积上 Bézier 曲面保凸的充分条件.计算数学,1994,(3):273~277.

[6] 胡事民,朱翔,孙家广.基于约束优化的 NURBS 曲面形状修改.软件学报,2000,11(12):1567~1571.

Analysis and Control of Shape Variation of BBN Surfaces*

WANG Xing-bo

(*School of Mechatronic Engineering and Automation, National University of Defence Technology, Changsha* 410073, *China*)

E-mail: xbwang@public.cs.hn.cn

http://www.nudt.edu.cn

Abstract: In this paper, the shape variation law of Bézier surfaces, B-spline surfaces and NURBS surfaces (BBN surfaces) is investigated under the modification of a control point of the surfaces. The relationship between the geometric elements of the surface before and after deformation and the deforming displacement is built up by decomposition a BBN surface into the summation of a convex surface and a surface with special shape. The law of a convex BBN surface losing its convexity is also obtained. The achievements in this paper can guide the algorithm design and shape control in CAD modeling.

Key words: CAD modeling; parametric surface; shape control; algorithm design

* Received November 17, 2000; accepted September 24, 2001

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.50175106; the Natural Science Foundation of Hu'nan Province of China under Grant No.99YJJ20051