

曲面实体造型中曲线和曲面交点的求解

王新龙 韩向利 肖田元

(清华大学国家CIMS工程研究中心,北京 100084)

摘要 求交是曲面实体造型系统中影响拼合算法效率和稳定性的重要因素,而求交算法又是和曲面的几何表示密切相关的。NURBS虽然能统一表示所有曲面,但却给二次曲面的求交带来了不必要的复杂性。二次曲面经常在机械零件的设计中被用来描述轴、孔、槽等几何特征,因此它们的求交算法应具有高精度、高效率和高稳定性。为此,对一种实用的二次曲面表示方法——几何法进行了深入研究后,给出了构成二次曲面轮廓的几种二次曲线和空间四次曲线与二次曲面交点的求法。

关键词 曲面求交,二次曲面,实体造型

1 引言

求交是三维实体造型的核心问题之一,而求交算法和实体的表示方法密切相关。基于精确表示的曲面实体的求交比基于平面表示的实体要复杂得多^[1]。

工程中常用的曲面可以简单地分成自由曲面和二次曲面(包括平面)。圆柱面经常用来表示机械零件的孔、槽或轴,而三次和三次以上的曲面通常统称为自由曲面,它经常被用于描述产品的外形。NURBS^[2]是表示曲面的有利工具,它不但能表示自由曲面,还能表示二次曲面。统一的NURBS表示,固然可以统一算法尤其是与拼合有关的求交算法,但同时也带来了其它一些问题。首先,统一的算法要考虑最复杂的情况,这势必带来算法效率的降低和稳定性的下降。而像平面和圆柱等这些相对简单的二次曲面,采用其它适当的方法来表示可以大大加快求交的速度。其次,用NURBS表示的曲线和曲面很难处理相切和重合等特殊情况^[3]。

本文将主要从方便求交的角度出发讨论实体造型中如何表示二次曲面和曲线,并据此设计出高效和稳定的求交算法。

2 二次曲面和曲线的表示

实体的表示可分成拓扑表示和几何表示,这里主要研究几何信息的表示。二次曲面指的是平面、球面、圆柱面和锥面等所谓正二次曲面(下称二次曲面),二次曲线则是构成二次曲面边界的直线、圆、椭圆、双曲线和抛物线等曲线。二次曲面的几何信息可以用下面2种方法来表示:一种称为代数法,另一种叫几何法。

2.1 代数法

一个空间二次曲面可以定义为满足下列方程点的集合:

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fzx + 2Gx + 2Hy + 2Jz + K = 0 \quad (1)$$

如果系数 $A \cdots K$ 取适当的值,可以得到我们所说的正二次曲面。Dresden^[4]在他的文章中讨论了一定系数组合所确定的二次曲面的类型。

Saggra^[5]和Levin^[6]对这种方法表示的曲面做了大量的工作,并给出了求2个一般二次曲面交线的方法。

代数法表示的主要优点是便于设计统一的求交算法,但它也有许多弊端^[7],如:方程几何意义不明

显, 仅从方程的系数判断曲面的类型比较困难; 难以判断交线为二次曲线的情形; 浮点运算误差对求交结果影响大。

2.2 曲面、曲线的几何法表示

几何法的主要思想是每一种曲线和曲面都用不同的特征值(如长度、半径等), 特征点(如中心点)和特征向量(如局部坐标系)来表示。

图1给出了工程中常用的几种二次曲面的定义。这里, 我们取 B 为规定局部坐标系的原点, 向量 u, v, w 为坐标轴。

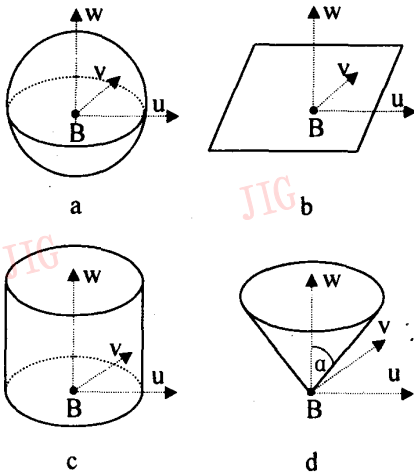


图1 几种二次曲面的几何表示

Fig. 1 Geometric representations of some quadrics

平面: 中心点 B , 法向 w , 平面内任一向量 u , 和 $v = w \times u$ 。

球面: 中心点 B , 半径 r , w 可取任意方向, u 取与 w 垂直, 而 $v = w \times u$ 。

柱面: 中心点 B , 半径 r , 轴向 w , u 任取与 w 垂直方向, $v = w \times u$ 。

锥面: 中心点 B , 半角 α , 轴向 w , 其余坐标轴取法同柱面。

为了简便, 对回转二次曲面采用柱坐标为参数空间, 那么每一种曲面参数域上的一点将通过一个表达式转化为模型空间的点。用 s, t 分别表示轴线方向和圆周方向的 2 个参数, 那么对于上述几种二次曲面, 将得到以下表达式:

平面: 由于平面的特殊性, 这里的 s, t 指点在平面局部坐标系下的坐标值, 因此

$$P(s, t) = B + tu + sv \quad (2)$$

$$\text{球面: } P(s, t) = Y(t) + sw + B \quad (3)$$

$$Y(t) = \sqrt{r^2 - s^2}(\cos(t)u + \sin(t)v)$$

$$\text{柱面: } P(s, t) = Y(t) + sw + B \quad (4)$$

$$Y(t) = r(\cos(t)u + \sin(t)v)$$

$$\text{锥面: } P(s, t) = s(Y(t) + w) + B \quad (5)$$

$$Y(t) = \tan(\alpha)(\cos(t)u + \sin(t)v)$$

以上 4 种曲面的隐含式向量方程可写作如下:

$$\text{平面: } (P - B) \cdot w = 0 \quad (6)$$

$$\text{球面: } (P - B) \cdot (P - B) - r^2 = 0 \quad (7)$$

$$\text{柱面: } (P - B) \cdot (P - B) - ((P - B) \cdot w)^2 - r^2 = 0 \quad (8)$$

$$\text{锥面: } ((P - B) \cdot w)^2 - \cos(\alpha)(P - B) \cdot (P - B) = 0 \quad (9)$$

P 为曲面上任意一点

和以上几种二次曲面相对应, 构成它们的轮廓曲线以及拼合后产生的曲线类型有以下几种: 直线、圆、椭圆、抛物线、双曲线以及空间四次曲线。图2给出了前几种曲线的几何表示。

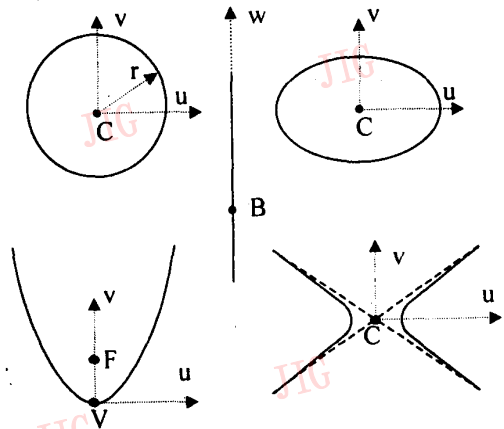


图2 几种二次曲线的几何法表示

Fig. 2 Geometric representations of some conics

取 $w = u \times v$ 建立局部坐标系, 下面给出每一种曲线在模型坐标系的参数化方程。

$$\text{直线: } P(t) = tw + B \quad (10)$$

$$\text{圆: } P(t) = r(\cos(t)u + \sin(t)v) + C \quad (11)$$

$$\text{椭圆: } P(t) = a\cos(t)u + b\sin(t)v + C \quad (12)$$

$$\text{长轴为 } a, \text{轴为 } b$$

$$\text{双曲线: } P(t) = a\sec(t)u \pm b\tan(t)v + C$$

$$\text{长轴为 } a, \text{轴为 } b \quad (13)$$

抛物线:

$$P(t) = 2p(\tan(t)u + \tan^2(t)v) + V \quad (14)$$

$$p = |F - V|$$

由二次曲面相交产生的空间四次曲线可用式(15)来表示,根据 t 求出 s 再代入式(3)一式(5)即可求出曲线上的一点 P 。

$$a(t)s^2 + b(t)s + c(t) = 0 \quad (15)$$

Miller^[7,8]在有关文献中对二次曲面求交线的问题做了详细介绍。下面将主要针对用几何法表示的二次曲线与曲面间求交点问题,进行深入探讨。

3 二次曲线和二次曲面交点的求法

用几何法表示的二次曲线和二次曲面有很多种,它们中的任何一种组合都可能产生交点,因此情况是非常多的。限于篇幅,下面将主要以直线、圆和椭圆与平面和圆柱面的交点为例,来说明问题。另外,对于空间四次曲线和二次曲面的交点求法,也做了一些讨论。在下面的推导中,下标 l, ci, el, pl, cy 分别表示直线、圆、椭圆、平面和柱面的特征值、特征点和特征向量。

3.1 直线和平面

我们先来看看这种最简单的情况。式(10)代入式(6),得

$$(tw_l + B_l - B_{pl}) \cdot w_{pl} = 0$$

$$\text{由上式可得: } t = -\frac{(B_l - B_{pl}) \cdot w_{pl}}{w_l \cdot w_{pl}} \quad (16)$$

由 t 值很容易得到交点坐标。从上式中可以看出,若 $w_l \perp w_{pl}$, 则有 $w_l \cdot w_{pl} = 0$, 这说明直线和此平面平行或被平面包含,没有交点。

3.2 直线和圆柱

式(10)代入式(9),可得

$$(tw_l + B_l - B_{cy}) \cdot (tw_l + B_l - B_{cy}) - ((tw_l + B_l - B_{cy}) \cdot w_{cy})^2 - r_{cy}^2 = 0$$

重新整理,可得如下方程

$$at^2 + bt + c = 0 \quad (17)$$

其中

$$a = 1 - (w_l \cdot w_{cy})^2$$

$$b = 2((B_l - B_{cy}) \cdot w_l -$$

$$((B_l - B_{cy}) \cdot w_{cy})(w_l \cdot w_{cy}))$$

$$c = (B_l - B_{cy}) \cdot (B_l - B_{cy}) -$$

$$((B_l - B_{cy}) \cdot w_{cy})^2 - r_{cy}^2$$

这是个很容易求解的一元二次方程。当直线和圆柱轴线平行时,有 $w_l = w_{cy}$ 即 $w_l \cdot w_{cy} = 1$, 这时 $a = b = 0$, 此时若 $c = 0$, 则此直线和圆柱素线重合, 否则直线和圆柱没有交点。

3.3 圆和平面

把圆的参数方程式(11)代入式(7),得

$$(r_{ci}(\cos(t)u + \sin(t)v) + C_{ci} - B_{pl}) \cdot w_{pl} = 0$$

整理得

$$a\cos(t) + b\sin(t) = 1 \quad (18)$$

其中

$$a = -\frac{r_{ci}(u_{ci} \cdot w_{pl})}{(C_{ci} - B_{pl}) \cdot w_{pl}}$$

$$b = -\frac{r_{ci}(v_{ci} \cdot w_{pl})}{(C_{ci} - B_{pl}) \cdot w_{pl}}$$

式(18)可以用万能公式转换成一个一元二次方程,也可通过三角变换直接求解。另外,式(18)可能会因向量和点的特殊位置而有所变化。例如若 $u \perp w_{pl}$, 则 $u \cdot w_{pl} = 0$, 式(18)变成

$$\sin(t) = -\frac{(C_{ci} - B_{pl}) \cdot w_{pl}}{r_{ci}(v \cdot w_{pl})}; \text{ 如果 } v \perp w_{pl}, \text{ 则 } v \cdot w_{pl} = 0, \text{ 那么式(18)就变成}$$

$$\cos(t) = -\frac{(C_{ci} - B_{pl}) \cdot w_{pl}}{r_{ci}(u \cdot w_{pl})}; \text{ 而若 } u \cdot w_{pl} = 0 \text{ 且 } v \cdot w_{pl} = 0, \text{ 则此圆和平面平行或重合。}$$

3.4 圆和圆柱

圆和圆柱相交,根据不同的相对位置,可以有0, 2或4个交点。式(11)代入式(4),得

$$\begin{aligned} & (r_{ci}(\cos(t)u + \sin(t)v) + C_{ci} - B_{cy}) \cdot \\ & (r_{ci}(\cos(t)u + \sin(t)v) + C_{ci} - B_{cy}) - \\ & ((r_{ci}(\cos(t)u + \sin(t)v) + C_{ci} - B_{cy}) \cdot \\ & w_{cy})^2 - r_{cy}^2 = 0 \end{aligned}$$

整理上式,可得如下方程

$$\begin{aligned} & a\sin^2(t) + b\sin(t)\cos(t) + \\ & c\sin(t) + d\cos(t) + e = 0 \end{aligned}$$

其中

$$a = r_{ci}^2((u \cdot w_{cy})^2 - v \cdot w_{cy})^2$$

$$b = -2r_{ci}^2(u \cdot w_{cy})(v \cdot w_{cy})$$

$$c = 2r_{ci}(((C_{ci} - B_{cy}) \cdot v) - ((C_{ci} - B_{cy}) \cdot w_{cy})(v \cdot w_{cy}))$$

$$d = 2r_{ci}(((C_{ci} - B_{cy}) \cdot u) - ((C_{ci} - B_{cy}) \cdot w_{cy})(u \cdot w_{cy}))$$

$$e = r_{ci}^2 + (C_{ci} - B_{cy}) \cdot (C_{ci} - B_{cy}) -$$

$$r_{ci}^2(\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_{cy})^2 - ((\mathbf{C}_{ci} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot \mathbf{w}_{cy})^2 - r_{cy}^2$$

令 $x = \tan \frac{t}{2}$, 用万能公式重新整理式(19), 得

$$Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E = 0 \quad (20)$$

其中:

$$A = e - d; B = 2(c - b); C = 2(2a + e);$$

$$D = 2(b + c); E = d + e$$

3.5 椭圆和平面

椭圆和平面求交点与圆和平面求交点比较类似。式(12)代入式(6), 得

$$(a_{ei}\cos(t)\mathbf{u} + b_{ei}\sin(t)\mathbf{v} + \mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{pi}) \cdot \mathbf{w}_{pi} = 0$$

整理得如式(18)的方程

其中

$$a = -\frac{a_{ei}(\mathbf{u}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{pi})}{(\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{pi}) \cdot \mathbf{w}_{pi}}$$

$$b = -\frac{b_{ei}(\mathbf{v}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{pi})}{(\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{pi}) \cdot \mathbf{w}_{pi}}$$

特殊情况处理可参见圆和平面相交的情况。

3.6 椭圆和圆柱

椭圆和圆柱相交与圆和圆柱相交的情况也类似。式(13)代入式(6)

$$(a_{ei}\cos(t)\mathbf{u} + b_{ei}\sin(t)\mathbf{v} + \mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot$$

$$(a_{ei}\cos(t)\mathbf{u} + b_{ei}\sin(t)\mathbf{v} + \mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) -$$

$$((a_{ei}\cos(t)\mathbf{u} + b_{ei}\sin(t)\mathbf{v} + \mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot \mathbf{w}_{cy})^2 -$$

$$r_{cy}^2 = 0$$

整理上式, 可得如式(19)的方程

其中

$$a = a_{ei}^2((\mathbf{u}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{cy})^2 - 1) + b_{ei}^2((\mathbf{v}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{cy})^2 - 1)$$

$$b = -2a_{ei}b_{ei}(\mathbf{u}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{cy})(\mathbf{v}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{cy})$$

$$c = 2b_{ei}(((\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot \mathbf{v}_{ei}) - ((\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot \mathbf{w}_{cy})(\mathbf{v}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{cy}))$$

$$d = 2a_{ei}(((\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot \mathbf{u}_{ei}) - ((\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot \mathbf{w}_{cy})(\mathbf{u}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{cy}))$$

$$e = a_{ei}^2(1 - \mathbf{u}_{ei} \cdot \mathbf{w}_{cy})^2 + (\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot (\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) - ((\mathbf{C}_{ei} - \mathbf{B}_{cy}) \cdot \mathbf{w}_{cy})^2 - r_{cy}^2$$

3.7 空间曲线与二次曲面的交点

在拼合的过程中, 二次曲面在一般情况下相交将产生空间四次曲线。James R. Miller^[7]给出了几何法求这种交线的方法及交线方程。由于交线方程依赖于相交的2个二次曲面, 所以存在很多种情况。

下面将以两圆柱的交线为例, 说明空间四次曲线和2次曲面交点的求法。

几何法求得的两圆柱交线方程也可以表示为式(15), 但方程系数变为:

$$a = 1 - (\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_o)^2$$

$$b(t) = 2\mathbf{b}' \cdot (\mathcal{Y}(t) + \mathbf{w}_m)$$

$$\mathbf{b}' = \mathbf{w}_p - (\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_o)\mathbf{w}_o$$

$$c(t) = (\mathcal{Y}(t) + \mathbf{w}_m) \cdot (\mathcal{Y}(t) + \mathbf{w}_m) -$$

$$((\mathcal{Y}(t) + \mathbf{w}_m) \cdot \mathbf{w}_o)^2 - r_o^2$$

下标 p, o 分别表示为参数化曲面和另一曲面的特征值和特征向量, $\mathbf{w}_m = \mathbf{B}_p - \mathbf{B}_o$ 。

首先看一下此曲线和平面相交的情况。假设空间有一平面 $(\mathbf{B}_i, \mathbf{w}_i)$, 把参数化曲面的参数方程代入到此平面方程, 有

$$(\mathcal{Y}(t) + s\mathbf{w}_p + \mathbf{B}_p - \mathbf{B}_i) \cdot \mathbf{w}_i = 0$$

$$\text{令 } \mathbf{w}_n = \mathbf{B}_p - \mathbf{B}_i, \text{ 那么由上式可得}$$

$$s = -\frac{(\mathbf{w}_n \cdot \mathbf{w}_i)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)}$$

$$r_p \frac{((\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_i)\cos(t) + \mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_i)\sin(t)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)} \quad (21)$$

把式(21)代入式(15), 整理后可得如式(19)的方程, 其中

$$a = r_p^2 \left(\frac{(1 - (\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_o)^2)((\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_i)^2)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)^2} + \right.$$

$$\left. \frac{2(\mathbf{b}' \cdot \mathbf{u})((\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_i) - (\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_i))}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)} + \right.$$

$$\left. (\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_o)^2 - (\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_o)^2 \right)$$

$$b = 2r_p^2 \left(\frac{(1 - (\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_o)^2)(\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_i)(\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_i)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)^2} + \right.$$

$$\left. \frac{(\mathbf{b}' \cdot \mathbf{u})((\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_i) - (\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_i))}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)} - \right.$$

$$\left. ((\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_o)(\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_o)) \right)$$

$$c = 2r_p^2 \left(\frac{(1 - (\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_o)^2)(\mathbf{w}_n \cdot \mathbf{w}_i)(\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_i)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)^2} + \right.$$

$$\left. \frac{\mathbf{b}' \cdot \mathbf{w}_m(\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_i) - (\mathbf{b}' \cdot \mathbf{v})(\mathbf{w}_n \cdot \mathbf{w}_i)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)} + \right.$$

$$\left. (\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_m) - (\mathbf{w}_m \cdot \mathbf{w}_o)(\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}_o) \right)$$

$$d = 2r_p^2 \left(\frac{(1 - (\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_o)^2)(\mathbf{w}_n \cdot \mathbf{w}_i)(\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_i)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)^2} + \right.$$

$$\left. \frac{(\mathbf{b}' \cdot \mathbf{w}_m)(\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_i) - (\mathbf{b}' \cdot \mathbf{u})(\mathbf{w}_n \cdot \mathbf{w}_i)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)} + \right.$$

$$\left. (\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_m) - (\mathbf{w}_m \cdot \mathbf{w}_o)(\mathbf{u} \cdot \mathbf{w}_o) \right)$$

$$e = \frac{(1 - (\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_o)^2)(\mathbf{w}_n \cdot \mathbf{w}_i)^2}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)^2} +$$

$$\frac{2(\mathbf{b}' \cdot \mathbf{w}_m)(\mathbf{w}_n \cdot \mathbf{w}_i)}{(\mathbf{w}_p \cdot \mathbf{w}_i)} +$$

$$(w_m \cdot w_m) - (w_m \cdot w_o)^2 + r_p^2 - r_o^2$$

如果 $w_p \perp w_i$, 则 $w_p \cdot w_i = 0$, 此时可先求出

$$t' = \arccos(w_i \cdot u_p)$$

t' 的取值可由 $w_i \cdot v_p$ 的符号来确定。这时有

$$t_0 = t' - \pi/2, t_1 = t_0 + \pi$$

当然, 还可以像圆和平面相交那样, 根据 $u_p \cdot w_i = 0$, $v_p \cdot w_i = 0$ 或 $w_m \cdot w_i = 0$ 这些特殊情况, 求出相应的 t , 把 t 代入式(15), 不难求出 s 。

如果空间四次曲线和非平面二次曲面相交, 用上述方法求交点将得到八次多项式方程, 而八次方程需迭代求解, 效率比较低, 因此这种方法不宜采用。遇到这种情况可用三面求交的方法来得到交点, 详细算法可参阅有关文献^[9]。

4 结 论

几何法表示的二次曲面无须根据方程系数判断其类型, 因此使得交线和交点的求解更加精确。另外, 这种方法使我们能根据二次曲线、曲面的相对位置, 判断相切、重合等特殊情况, 使得算法具有较高的稳定性和可靠性。由于相交的每一种情况都单独处理, 勿须考虑一般情况, 因此算法具有很高的效率。几何法的主要缺点是由于要处理很多种情况, 使得程序的流程变得复杂和代码数量的增加。

本文对二次曲线和二次曲面间求交点的方法进

行了探讨, 限于篇幅, 没有给出每一种情况的更详细的算法, 有兴趣的读者可参考文献[10]。

参 考 文 献

- 1 Miller J R. Analysis of Quadric-Surface-Based Solid Models. IEEE CG&A. 1988, 8(1):28~42.
- 2 施法中. 计算机辅助几何设计与非均匀有理样条. 北京:北京航空航天大学出版社, 1994.
- 3 刘晓强. 曲面实体造型研究[博士论文], 北京:北京航空航天大学, 1994.
- 4 Dresden A. Solid Analytic Geometry and Determinants. New York: Dover Publ, 1964.
- 5 Sarraga R F. Algebraic Methods for Intersections of Quadric Surfaces in GMSOLID. Comput. vision Graph. Image Process, 1983, 22(2): 222~238.
- 6 Levin J, Mathematical Models for Determining the Intersections of Quadric Surfaces. Compu. Graph. Image Process. , 1979, 11(1): 73~87.
- 7 Miller J R. Geometric Approaches to Nonplanar Quadric Surface Intersection Curves. ACM Trans. Graphics, 1987, 6(4):274~307.
- 8 Miller J R, Geometric Algorithms for Detecting and Calculation All Conic Sections in the Intersection of Any Two Natural Quadric Surfaces. Graph. Models and Image Process. , 1995, 57(1):55~66.
- 9 Miller. Using Multivariate Resultants to Find the Intersection of Three Quadric Surfaces, ACM Trans. Graphics, 1991, 10(4): 378~400.
- 10 王新龙. 新型曲面实体造型系统的研究与开发[博士论文]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 1997.



王新龙, 1997 年获哈尔滨工业大学工学博士学位。同年开始在清华大学国家 CIMS 工程研究中心博士后流动站工作。主要研究方向: 计算机图形学, CAD/CAM, 虚拟制造技术。



韩向利, 1994 年获哈尔滨工业大学工学博士学位。同年开始在清华大学国家 CIMS 工程研究中心博士后流动站工作, 1997 年出站留校工作。主要研究方向: CAD/CAM, NC, 加工过程仿真, 虚拟制造。



肖田元, 教授, 博士生导师。1970 年毕业于清华大学电机系, 现任国家 CIMS 工程研究中心副主任。主要研究方向: 系统仿真技术, 虚拟制造。

Research on the Intersection Issue in Solid Modeling Based on Curved-Surfaces

Wang Xinlong, Han Xiangli, Xiao Tianyuan

(State CIMS-ERC, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract The intersecting is an important factor which influences the efficiency and the reliability of Boolean algorithms in solid modeling based on curved-surfaces, and the intersecting algorithm is closely related to the geometric representation of curved-surfaces. Although curved-surfaces can be commonly represented with NURBS, unnecessary complexities are caused for the intersecting of quadric surfaces, which are frequently used to describe geometric features of shafts, holes and grooves etc. in mechanical part designing. Therefore, intersecting algorithms of them are required to have higher accuracy, higher efficiency and higher robustness. For this reason, we introduce a practical representation of quadric surfaces, and on the basis of that, algorithms of intersection points between quadric surfaces and several conics, fourth-degree nonplanar space curves constructing their boundaries are developed.

Keywords Curved-Surface intersection, Quadric surface, Solid modeling

报告会爆棚—出人意料 众厂商春播—着眼未来

本刊主办的 GIS 科技报告会成功举行

由中国图象图形学报、中国图象图形学会、北京图象图形学会和北京应用物理与计算数学研究所共同主办的 '98(2月)信息技术:地理信息系统专场科技报告会于 2月 26 日上午 9 时在本刊编辑部所在地花园路 6 号举行。

大会特邀报告:

1. GIS 发展现状与展望(报告人:方裕教授,国家科委 GIS 专家组长、北京大学计算机系副主任)
2. 振兴民族软件工业,开发一流 GIS 产品(报告人:宋利好教授,中国地质大学(武汉)信息工程学院副院长)
3. 网络 GIS(Web GIS)研究现状与动态(报告人:李琦教授,北京大学遥感与 GIS 研究所)
4. GIS 技术趋势与应用发展(报告人:钟耳顺研究员,中科院地理信息产业发展中心主任)

原定还有武汉测绘科技大学校长、李德仁院士,中国测绘科学研究院副院长张清浦研究员的特邀报告,因临时急务未能出席,以后再行安排。

中外厂商对本次报告会非常感兴趣,惠普公司、西门子利多富公司、及其他许多公司和代理商都派有代表参加。北京长地公司、MapInfo 公司、泰克公司、巴可公司还在大会分别作了有关技术与产品的报告与演示。惠普公司通过代理商展示了用于高质量的 GIS 出图大幅面彩喷设备。北京长地公司展示阵容可观,五、六名工作人员忙不暇接地接待各方对 MapGIS 感兴趣的与会人员。大会报告用数据投影机由巴可公司及其代理天影公司提供。

报告会工作人员原预计参会人员不超过 150 人。不料上午 9 时容纳 150 人的报告厅已坐无虚席,此时门外陆续进场的人员还是长龙不断,不得不临时请东道主单位科技人员协助又加进 50 多张坐椅,此时又传来天津长途电话,称在京津高速公路上还有三轿车人员要参加本次报告会因晨雾受阻不能到会。将近中午,其中有一些同志乘火车赶到,他们是天津市政府办公厅、自来水厂、煤气公司等单位人员。