

曲线曲面的形态算法统一模型

刘文予 万菲 朱光喜

(华中理工大学电子与信息工程系, 武汉 430074)

摘要 从积分几何中的概念出发,证明了凸集形态和运算的一个重要性质 $F(S, \mathbf{u}) = F(A, \mathbf{u}) \oplus F(B, \mathbf{u})$, 并推广到非凸集的情况,从而将两物体的形态和,归结为法矢相同点集的形态和.同时提出了法矢球的概念,进而将两物体的形态运算转化为两法矢球的合并.通过引入负物体的概念,依靠三者的结合,从理论上推导出图形形态算子的统一模型,从而在算法理论上统一了二维、三维实体的形态和、差运算,并保证了该模型理论的正确性.

关键词 形态算子 计算机图形学 法矢球 凸集分析

中图分类号: TP391.41 TP301.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2000)04-0331-06

A Unified Model of Morphology Algorithm for Curve and Surface

LIU Wen-yu, WAN Fei, ZHU Guang-xi

(Department of Electronics and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract In this paper, the important property of convex object morphology addition is proved that $F(S, \mathbf{u}) = F(A, \mathbf{u}) \oplus F(B, \mathbf{u})$ based on integral geometry, this can be popularized to concave set, then the two objects' morphology operator can be calculated through the two point sets' Minkowsky addition which have the same normal vector. The concept of vector sphere is provided, and the Minkowsky operator can be turned to the combination of two vector spheres. With the introduction of "Negative Object", a unified model of graphic morphology operators is developed by combining the three concepts. This model unifies the morphology addition, subtraction of 2D and 3D objects in algorithm theory, and guaranties the correctness of the model's theory.

Keywords Morphology operator, Computer graphics, Normal vector sphere, Convex analysis

0 引言

数学形态学在图象处理中有广泛的应用,而在图形学方面的应用尚处于探索阶段,许多重要的问题还没有得到完善解决.由于形态和差是定义在欧氏空间中集合上的矢量和差运算^[1],膨胀与腐蚀的几何特性明显,因此许多复杂的图形问题可以用形态和差简单地描述.特别是在处理非刚性物体时,利用形态算子的非线性特点,能对以往用线性方法无法完善解决的问题进行较好的处理,因此形态学在图形处理方面有广泛的应用前景.

1981年, Schwartz 为计算两个凸多边形的最小距离,提出了一个实现两凸多边形形态和的算法^[2],从而开始了形态学在图形学领域中的研究探索.随后的几年中,人们又相继提出了多边形形态差、凸多面体形态差等算法^[3-5].1988年, Ghosh 探讨了形态算子用于形状描述的情况^[6].两年后,他又用形态运算解决了多边形包含、空间安排等问题,并提出了计算任意两个二维平面区域形态差的算法^[7].1993年, Ghosh 用 Slope Diagram 方法表示二维多边形、三维多面体,并引入负形状的概念,提出了一个二维多边形、三维多面体形态和差理论上统一的算法^[8].该方法使统一的算法在概念上更易理解,并且提高

了计算效率,但这种方法是从实际情况中总结得出的,没有相应的理论基础,而且仅适用于多边形、多面体的形态和差.为解决该问题,本文提出了法矢圆、法矢球的表示方法,并引入负物体的概念,通过这三者的结合,为图形形态算子提供了一个统一的算法模型.

1 凸集形态分析

1.1 基本原理

数学形态学是在积分几何的研究成果上发展起来的,凸集是积分几何中研究得最彻底最完整的集合,也是欧氏空间中最基本最重要的集合类.因此笔者从凸集形态运算开始研究图形形态算子的统一模型,然后再推广到欧氏空间非凸集.

定义 1 设 $X \in l_0(\xi)$, $l_0(\xi)$ 为包含原点的所有紧致凸集集合, w 为 $E^{(n)}$ 中的单位向量, $\Pi_w^{(n-1)}$ 为以 w 为法线方向的 $(n-1)$ 维超平面. $\Pi_w^{(n-1)}$ 将 $E^{(n)}$ 分割成闭半空间 $R(w)$ 及开半空间 $R'(w)$ 两部分,使得 $R(w) \cap X = X, R'(w) \cap X = \emptyset$, 则称超平面 $\Pi_w^{(n-1)}$ 为 X 的支持平面, $R(w)$ 为 X 的支持半空间, 令

$$H(x, w) = d|0, \Pi_w^{(n-1)}| = \sup\{ \langle x, w \rangle, x \in X \}$$

其中 $d|0, \Pi_w^{(n-1)}|$ 表示原点到 $\Pi_w^{(n-1)}$ 的距离, $\langle x, w \rangle$ 表示点 x 在过原点的半射线 $L(w)$ 上的投影点 x_w 到原点的距离. 称 $H(X, w)$ 为集合 X 的支持函数.

定义 2 设 A 为 E^3 中凸体, n_a 为 A 边界上一点 a 的单位法矢, u 是 E^3 中的单位矢量, Π_u^2 是以 u 为法线方向 A 的支持平面. 定义 $F(A, u) = \Pi_u^2 \cap A$, 即 $F(A, u)$ 为 A 边界上法矢为 u 的点的集合, 等价于 $F(A, u) = \bigcup_{a \in \partial A} \{n_a = u\}$. 由此定义可知 $\partial A = \bigcup_{u \in E^3} F(A, u)$.

若 X, Y 是 E^3 中凸体, 它们的支持函数分别是 $H(X, w), H(Y, w)$, 则有下列式成立^[9]

$$H(X \oplus Y, w) = H(X, w) + H(Y, w)$$

定理 1 若 A, B 为 E^3 中凸体, $S = A \oplus B$, 则有 $F(S, u) = F(A, u) \oplus F(B, u)$.

证明: 由定义可知

$$\begin{aligned} F(A, u) &= \bigcup_{a \in A} |a| \langle a, u \rangle = H(A, u) | \\ F(B, u) &= \bigcup_{b \in B} |b| \langle b, u \rangle = H(B, u) | \\ \therefore F(A, u) \oplus F(B, u) &= \left| \bigcup_{a \in A} |a| \langle a, u \rangle = H(A, u) \right| \oplus \left| \bigcup_{b \in B} |b| \langle b, u \rangle = H(B, u) \right| = \end{aligned}$$

$$\bigcup_{a \in A, b \in B} |a + b| \langle a, u \rangle = H(A, u),$$

$$\langle b, u \rangle = H(B, u) \Big| \frac{r = a + b}{}$$

$$\bigcup_{r \in A \oplus B} |r| \langle r, u \rangle = \langle a + b, u \rangle = \langle a, u \rangle + \langle b, u \rangle,$$

$$\langle a, u \rangle = H(A, u), \langle b, u \rangle = H(B, u) \Big| = \bigcup_{r \in A \oplus B} |r| \langle r, u \rangle = H(A, u) + H(B, u) \Big| =$$

$$\bigcup_{r \in S} |r| \langle r, u \rangle = H(S, u) \Big| = F(S, u)$$

推论 1 若 A, B 为 E^3 中凸体, $S = A \oplus B$, 则有 $\partial S = \partial A \oplus \partial B$.

该推论表明, 凸体的形态和可转化为边界的形态和, 即两凸体的形态和的边界等于两凸体的边界的形态和. 根据定理 1, 边界的形态和可通过两步完成, 首先对两凸体边界上法矢相同的点的集合进行形态和, 然后将求得的所有集合的形态和求并, 即得到两凸体的边界的形态和, 也就是两凸体的形态和的边界.

推论 2 若 A, B 为 E^3 中非凸体, $S = A \oplus B$, 则有 $F(S, u) \subset F(A, u) \oplus F(B, u)$.

推论 3 若 A, B 为 E^3 中非凸体, $S = A \oplus B$, 则有

$$\begin{aligned} \partial S &= \bigcup_{u \in E^3} F(S, u) \subset \partial A \oplus \partial B \\ &= \bigcup_{u \in E^3} (F(A, u) \oplus F(B, u)) \end{aligned}$$

对于非凸体, 则可把非凸体分解为凸体之并, 设 $A = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n, B = B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_m, A_i, B_j$ 为凸体. 由形态运算的性质, $S = A \oplus B = \sum_{i,j} A_i \oplus B_j$, $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$, 则 $\partial S = \sum_{i,j} A_i \oplus B_j$, \bar{A} 表示取 A 的闭包.

上述推论表明, 若计算两物体 A, B 的形态, 首先可将 A, B 边界上法矢相同的点构成的集合进行形态和, 即 $F(A, u) \oplus F(B, u)$, 然后求它们的并集, 得到 $\partial A \oplus \partial B$, 最后删去它的内部面, 即得到 ∂S .

由此可看出, 计算两物体 A, B 形态和, 关键在于求解 $\partial A \oplus \partial B$, 而这又是以求解 $F(A, u) \oplus F(B, u)$ 为基础. 考虑到一个 E^3 中的单位球, 球面上的每一点可代表 E^3 空间, 这正是计算 $F(A, u) \oplus F(B, u)$ 所需要的. 由此提出了法矢球的方法.

1.2 二维法矢球

在二维平面中, 法矢球成为法矢圆, 规定平面曲线的逆时针方向为正向.

定义 3 设 A 为 E^3 中简单闭合曲线 Γ 及其围

成的平面区域, Γ 上每一点 a , 当存在唯一法矢 \mathbf{n}_a 时, 有单位圆 C 上的一点 p 与之对应, $\mathbf{n}_a = \mathbf{n}_p$; 当法矢不唯一时, 在 \mathbf{n}_{a_1} 到 \mathbf{n}_{a_2} 区间中单调增(单调减)变化, 有单位圆 C 上的一段弧 R 与之对应, 且 R 上各点的法矢也在 \mathbf{n}_{a_1} 到 \mathbf{n}_{a_2} 区间中单调增(单调减)变化. 由此得到的单位圆称为 A 的法矢圆.

设曲线 Γ 有连续的一阶导数, 将曲线 Γ 分段, 使得每一段曲线 Γ_i 上或者只含有逗留点, 或者不含逗留点. 若 Γ_i 上只含逗留点, 则 Γ_i 为直线段, 各点的相对曲率均为零, 即 Γ_i 上法矢保持不变, 对应 C 上一点; 若 Γ_i 上无逗留点, 则各点的相对曲率同号且不等于零, 即 Γ_i 上法矢在区间内单调变化, 对应 C 上一段单向圆弧; 若 Γ 的一阶导数不连续, 则一阶导数不连续处的点法矢不定, 在一区间内连续可变, 故对应 C 上一段单向圆弧.

因此, 法矢圆上共有 3 种情况, 分别是:

- ① 点, 对应曲线中只含逗留点的一段曲线(即一直线段);
- ② 圆弧, 对应曲线中一阶导数不连续的点;
- ③ 圆弧, 对应曲线中不含逗留点的一段曲线.

如图 1 所示, 平面闭合曲线 Γ 由 3 条直线段 E_2, E_3, E_5 和两条弧线段 C_1, C_4 组成, A 是 Γ 及其包围的内部区域. 从 v_1 点出发逆时针经过 Γ 上每一点, 对每一点求其法矢并对应到法矢圆上, 当回到 v_1 时即得到 Γ 的法矢圆. 其中 v_1, v_3, v_4, v_5 在法矢圆上均对应一段圆弧, 各段圆弧表示各顶点的法矢变化范围. C_1, C_4 曲线段分别对应法矢圆上的一段圆弧. E_2, E_3, E_5 有固定的法矢方向, 在法矢圆上对应为一个点.

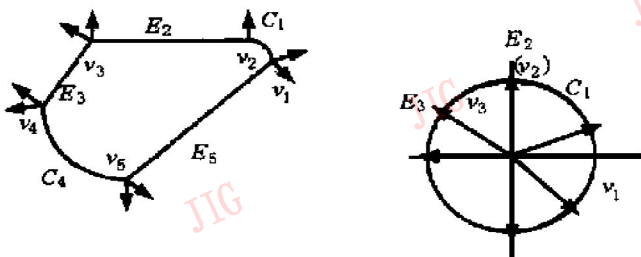


图 1 法矢圆示意图

1.3 三维法矢球

定义 4 设 A 为 E^3 中简单闭合曲面 Σ 及其围成的空间区域, Σ 上每一点 a , 当存在唯一法矢 \mathbf{n}_a 时, 有单位球 S 上的一点 p 与之对应, $\mathbf{n}_a = \mathbf{a}_p$; 当法矢不唯一时, 在 $(\mathbf{n}_{a_1}, \mathbf{n}_{a_2}, \dots, \mathbf{n}_{a_k})$ 区间中变化, $k \geq 3$, 有单位球 S 上的 k 段曲线 C_1, C_2, \dots, C_k 围成的曲面片与之对应, 由此得到的单位球 S 称为 A 的法矢

球. S 也称为 A 的球面表示(广义的 Gauss 映射).

关于 Gauss 映射有如下定理^[10]:

定理 2 若 Σ 上没有抛物点, 则它上面的点和球面象上的点一一对应.

设曲面 Σ 上有连续的二阶偏导函数, 则曲面上每一点有唯一确定的法矢. 根据定理 2, 将曲面分割为不含抛物点的曲面片或只含抛物点的曲面片; 然后再将只含抛物点的曲面片分割为只含平点和不含平点的曲面片. 因此, Σ 可表示为: $\Sigma = \cup \Sigma_i$.

Σ 有 3 种情况:

- ① 不含抛物点的曲面片, 它的球面象为与它一一对应的点构成的球面片, 曲面片的边界曲线是一一对应的;
- ② 只含非平点的抛物点的曲面片, 即柱面或锥面, 它的球面象为一条曲线, 曲线上的每一点对应于柱面或锥面上一条母线上所有的点;
- ③ 只含平点的曲面片, 即平面, 它的球面象为一点.

当曲面上出现法矢不确定的点时, 则对应球面象上第 4 种情况. 由于该点是若干曲面片的交点, 它的法矢在与它相交的曲面片的法矢之间变化, 因此该点的球面象为与它相交的几个曲面片的边界曲线围成的球面片. 这种情况可视为第一种情况的退化.

图 2 为一个二阶偏导函数连续的曲面的法矢球. 其中 S_1, S_3 两个半球面的法矢球象也是两个半球面, 柱面 S_2 的法矢球象是单位球上的一个大圆曲线.

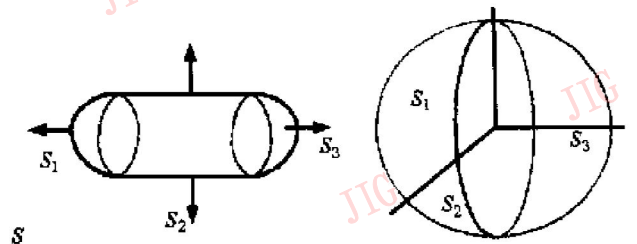


图 2 二阶偏导函数连续的曲面的法矢球

2 基于法矢圆、法矢球的形态和差算法

2.1 基于法矢圆的形态和算法

设曲线的切矢以逆时针方向为正, 法矢是切矢顺时针转动 90° 的结果, 它以逆时针方向变化为正, 因此 $\mathbf{n} = k\mathbf{d}$, k 为曲线的曲率, \mathbf{d} 为曲线上的切矢, 这说明, 当 $k_r > 0$ 时, 法矢变化方向与切矢方向相同, 即对应法矢圆上一段逆时针转动的圆弧, 这段圆

弧称为正圆弧,它在曲线上的对应点称为凸点;当 $k_r < 0$ 时,法矢变化方向与切矢方向相反,对应法矢圆上一段顺时针转动的圆弧,该圆弧称为负圆弧,它在曲线上的对应点称为凹点.因此,凸曲线的法矢圆上只有正圆弧,而非凸曲线的法矢圆由正、负圆弧组合而成.

定理 3 对平面上相对曲率为 k_{r_1} 和 k_{r_2} 的两个圆 C_1, C_2 包围的区域作形态和,求得的结果是一个相对曲率为 $\frac{1}{\frac{1}{k_{r_1}} + \frac{1}{k_{r_2}}}$ 的圆包围的区域.

证明: 设 P, Q 分别为 C_1 和 C_2 上法矢相同的两个点,它们的矢量表示分别为 r_1 和 r_2 ,如图 3 所示,它们的切矢也相等,即 $\frac{\Delta r_1}{|\Delta r_1|} = \frac{\Delta r_2}{|\Delta r_2|}$,这两点的形态和就是它们的矢量相加结果,为 $R = r_1 + r_2$.

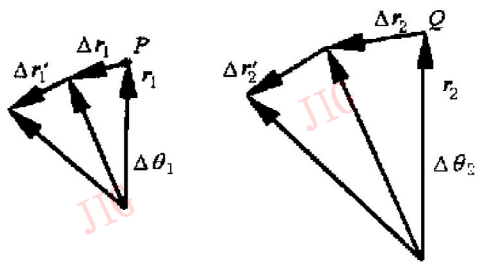


图 3 两法矢相同的点的形态和

当 $\Delta r_1 \rightarrow 0, \Delta r_2 \rightarrow 0$ 时, $r_1 + \Delta r_1$ 点和 $r_2 + \Delta r_2$ 点法矢相同,因此这两点也可进行形态和,结果为 $r_1 + r_2 + \Delta r_1 + \Delta r_2$. 因为 $r = \lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta r}$, 并且当 $\Delta \theta \rightarrow 0$ 时, $\Delta \theta = \frac{|\Delta r|}{|r|}$, 所以 $R = \lim_{\Delta r_1 + \Delta r_2 \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta_1}{\Delta r_1 + \Delta r_2} = \lim_{\Delta r_1 + \Delta r_2 \rightarrow 0} \frac{(\Delta r_1 + \Delta r_2) / (r_1 + r_2)}{\Delta r_1 + \Delta r_2} = \frac{1}{r_1 + r_2}$, 即

$$k_{r_3} = \frac{1}{\frac{1}{k_{r_1}} + \frac{1}{k_{r_2}}}$$

由该定理可知,当两个逆时针圆形态相加时,形态和的圆半径为两圆半径之和;当一个顺时针圆与一逆时针圆形态相加时,形态和的圆半径为逆时针圆半径减去顺时针圆半径.

因为一阶导函数连续的曲线在其上每点均有一密切圆,该密切圆与曲线是至少二阶切触的,因此有下面的推论.

推论 4 对两条一阶导函数连续的曲线作形态和运算,结果为一条曲线,曲线上每一点是运算的两条曲线上法矢相同点的矢量加,并且该点的曲率满足

$$k_{r_3} = \frac{1}{\frac{1}{k_{r_1}} + \frac{1}{k_{r_2}}}$$

根据推论 3 及定理 3 可知,平面上两曲线包含区域的形态和实现方法如下:

- (1) 求出两曲线的法矢圆;
- (2) 将两法矢圆合并,并保持各法矢圆上点的相对位置在合并后不变,对两法矢圆上每一法矢相同点对应的曲线上的点集进行形态和;
- (3) 将(2)中求出的结果进行处理,只保留逆时针运动的曲线所包围的区域,即两曲线包含区域的形态和曲线.

第(2)步中的法矢相同点对应的点集的形态和符合形态和定义,但实际计算的方法因点集形式的不同而不同.如当两点集均为一个点时,形态和是这两点的矢量和;当两点集一个为一直线段,另一个为一点时,形态和是直线段的平移,即直线段两端点与点矢量和得到的新直线段;当两点集均为直线段时,形态和是一直线段,它的长度是待求形态和的两直线段长度之和.

2.2 负物体与基于法矢圆的形态差算法

定义 4 当 $A \oplus B = \emptyset$ 时,称 B 为 A 的负物体,记为 A^{-1} .

因为 $A \ominus A = \emptyset, A \oplus A^{-1} = \emptyset \Rightarrow A \ominus A = A \oplus A^{-1}$, 因此形态差运算可转化为正物体与负物体的形态和运算,即

$$A \ominus B = A \oplus B^{-1}$$

从负物体的定义可知,负物体上各点法矢方向与正物体相同,但该点的矢量为正物体上等长反方向的矢量.

两曲线的形态差算法类似于两曲线的形态和算法,只需在第(1)、(2)步中插入一步,将 B 上各点法矢变成负法矢即可.至此,形态和差算法在法矢圆上得到统一.

2.3 基于法矢球的形态和差算法

与法矢圆相似,当 A, B 为空间中两闭合曲面时,根据推论 2 和推论 3 可知, $A \oplus B$ 与 $A \ominus B$ 可按如下方法实现:

- (1) 求出两曲面的法矢球;
- (2) 若求形态差,将 B 的法矢球上标记为反号,则 B 上各点切矢量变为负矢量,即 $-b$,若求形态和,直接到第(3)步;
- (3) 将两法矢球合并,并保持各法矢球上各点

的相对位置在合并后不变, 对两法矢球上每一法矢相同点对应的曲面上的点集进行形态和;

(4) 将(3)中求出的结果进行处理, 只保留法矢指向物体外部的部分, 即两曲面包含区域形态和的曲面。

第(3)步点集的形态和在实现时对不同的点集采用不同的计算方法, 但都是从形态和的定义中衍生出来的。

在三维空间中有如下定理:

定理 4 若 A, B 两曲面在法矢相同的点 P, Q 主方向相同, 主曲率分别为 $k_{P1}, k_{P2}, k_{Q1}, k_{Q2}$, 则 $A \oplus B$ 的曲面在该点 Z 主方向保持不变, 且主曲率 k_{Z1}, k_{Z2} 分别为

$$k_{Z1} = \frac{1}{\frac{1}{k_{P1}} + \frac{1}{k_{Q1}}}, \quad k_{Z2} = \frac{1}{\frac{1}{k_{P2}} + \frac{1}{k_{Q2}}}$$

证明: 设 k_{P1}, k_{Q1} 为 A, B 两曲面在 P, Q 点各方向法曲率的极大值, k_{P2}, k_{Q2} 为 A, B 两曲面在 P, Q 点各方向法曲率的极小值, 即 $k_{P2} \leq k_{Pn} \leq k_{P1}, k_{Q2} \leq k_{Qn} \leq k_{Q1}$ 。

因为 $Z = P \oplus Q$, 则 Z 点各方向的法曲率为

$$k_{Zn} = \frac{1}{\frac{1}{k_{Pn}} + \frac{1}{k_{Qn}}}$$

$$k_{Z1} = \frac{1}{\frac{1}{k_{P1}} + \frac{1}{k_{Q1}}} \geq \frac{1}{\frac{1}{k_{Pn}} + \frac{1}{k_{Qn}}} = k_{Zn} \geq \frac{1}{\frac{1}{k_{P2}} + \frac{1}{k_{Q2}}} = k_{Z2}$$

所以 k_{Z1}, k_{Z2} 为 Z 点的主曲率。

当 A, B 为两个球时, $k_P = k_{Pn} = k_{P1} = k_{P2}, k_Q =$

$k_{Qn} = k_{Q1} = k_{Q2}, A \oplus B$ 的结果是一个曲率为 $\frac{1}{\frac{1}{k_P} + \frac{1}{k_Q}}$ 的

球包围的区域。

3 实验结果与结论

图 4 为两个多面体的形态和计算过程^[11]。法矢球中的箭头所指的点表示多面体中的平面。

本文首先从积分几何中的概念出发, 证明了凸体形态和运算的一个重要性质:

$F(S, u) = F(A, u) \oplus F(B, u)$, 从而将物体的形态和归结为法矢相同的点集的形态和。在此基础上, 提出了基于二维平面上的法矢圆与三维空间中的法矢球的形态和方法, 并从理论上证明了方法的正确性。然后提出了负物体的概念, 将形态差运算转化为

形态和运算, 使得形态和、差运算在基于法矢球的方法上统一起来, 不仅适用于多边形、多面体的形态和差, 也适用于曲线、曲面的形态运算, 可用于汉字的合成与衍生、多边形的广义形态内插等领域^[12, 13]。

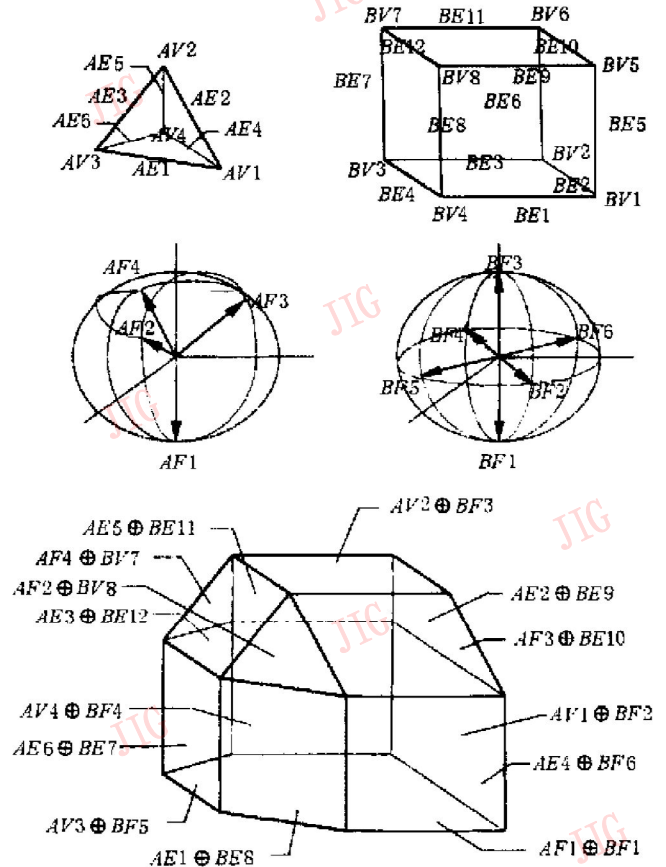


图 4 两多面体的形态和结果

参考文献

- 1 Serra J. Image analysis and mathematical morphology. New York: Academic Press, 1982.
- 2 Schwartz J T. Finding the minimum distance between two convex polygons. In: Inform Proc Lett, 1981, 13: 168~ 170.
- 3 Toussaint G T. Solving geometric problems with the rotating galloped. In: Proc Melecon'83, 1983.
- 4 Guibas L J, Ramshaw I, Stoll J. A kinetic framework for computational geometry. In: Proc IEEE 24th Ann Symp Foud Comp Sci, 1983, 100~ 111.
- 5 Guibas L J, Seibel R. Computing convolution by reciprocal sarch. Discrete Comp Geom, 1987, 2: 157~ 193.
- 6 Ghosh P K. A solution of polygon containment, spatial planning, and other related problems using minkowski operations. CVGIP, 1990, 49: 1~ 35.
- 7 Ghosh P K. An algebra of polygons through the notion of negative shapes. CVGIP, 1991, 54: 119~ 144.
- 8 Ghosh P K. A unified computational framework for minkowski operations. Computer & Graphics, 1993, 17(4): 357~ 378.
- 9 吴敏金. 图象形态学. 上海: 上海科学技术出版社, 1991.
- 10 卡尔莫. 曲线和曲面的微分几何学. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- 11 刘文予, 万菲, 朱光喜. 曲线和曲线曲面的形态算法及应用. 计算机学报, 1999, 22(7): 708~ 715.

- 12 刘文予, 万菲, 朱光喜. 一种全局优化的多边形变形方法及应用. 计算机辅助设计与图形学学报, 1999, 11(2): 129~ 133.
- 13 刘文予, 万菲, 朱光喜. 基于形态学的新的汉字字形生成方法. 计算机学报, 1999, 22(3): 235~ 240.



刘文予 1963年生, 副教授, 主要研究方向为计算机图形学、计算机视觉, 多媒体信息处理, 发表论文30余篇.



朱光喜 1945年生, 系主任, 教授, 博士生导师. 主要研究领域为多媒体通信、计算机图象图形处理、CSCW、数字电视, 发表论文100余篇.

万菲 1976年生, 1998年于华中理工大学获硕士学位. 主要研究领域为多媒体通信, 现在美国攻读博士学位.

第十一届全国信息存储技术会议征文通知

2000年是新世纪的开端, 人类社会即将进入信息时代. 作为信息技术的基础和重要支撑, 信息存储涉及的问题及其解决方案将在信息时代占有越来越重要的地位, 与信息存储相关的产品也将拥有更为广阔的市场和不可估量的商机. 为了在学术、技术和市场等方面做好迎接信息时代的准备, 中国计算机学会信息存储技术专业委员会决定于2000年10月在北京召开第十一届全国信息存储技术会议, 会议录用论文将在核心刊物《计算机研究与发展》的“信息存储技术”专辑发表.

一、征文要求

1. 应征学术论文应是未正式发表过的研究成果, 字数(含中英文摘要、关键字与参考文献)不超过8000字. 请在论文首页注明联系作者的通信地址、邮政编码、联系电话和E-mail地址.

2. 作者可书面或电子投稿. 书面投稿一式三份, 无论录用与否均不退稿. 电子投稿的稿件须采用PostScript, PDF, HTML, RTF, LaTeX, Word97文档或带分行符的纯文本文件等格式.

3. 重要日期

征文截止: 2000年5月31日

录用通知: 2000年6月30日

制版清样: 2000年7月31日

4. 投稿地址:

书面投稿请寄: 北京2704信箱25分箱 唐志敏(收), 邮政编码为100080.

电子投稿的E-mail地址为ncis2000@ict.ac.cn

二、征文范围

欢迎从事信息技术研究、开发、应用的各界人士, 就下列领域(但不限于)中涉及信息存储技术方面的内容踊跃来稿:

- 网上信息服务与网络通信
- 系统级芯片设计
- 高性能计算机系统
- 多媒体技术
- MIS中的信息存储技术
- 金融、电信等大型应用领域
- 海量信息系统
- 信息存储系统中的信息安全

注: 有关会议的动态信息可通过拨打(010) 62564342询问, 或直接访问会议的网页:

<http://www.ict.ac.cn/ncis2000>