

# 平面图形的智能化处理系统

刘德平 李欣生  
(郑州工业大学机电一体化)

**摘要:**本文运用面素拼合法构造复杂形体的思想,完成了平面图形的布尔运算,选择合适的粒度图形可以方便构造复杂的图形形体,开发的系统具有良好的用户界面,为后序工作打下坚实的基础。

**关键词:**布尔运算 计算机辅助设计与制造 计算机图形学

**中图分类号:**TP312

后续软

平面图形处理在机械、汽车、模具等工业产品设计与制造中占有重要地位,其性能好坏直接影响CAD/CAM系统的优劣,是开发后续软件的基础,是一个不可逾越的阶段,本系统主要完成平面图形的基本几何元素的建立和它们的相贯处理,采用几何元素定向的概念和几何计算的方法,使点、线、面的建立和处理大为简化。

## 1 平面图形的数学模型及数据结构

在图形的输入及处理系统中,图形的拓扑信息和尺寸信息必须以数据的形式存贮在计算机内。建立包含图形全部的拓扑信息和尺寸信息的合理数学模型,将便于对图形进行存取、运算和修改,选择合适的数据结构有利于提高图形输入和处理的效率。

### 1.1 平面图形的数学模型

1.1.1 在二维图形中,所有图形都是由若干组平面点集所组成的集合,这些点集又是由若干个轮廓所包围,因此平面的问题就可以转化为对其轮廓的描述。处理的基本思想是选择合适的“粒度”图形,运用面素拼合法完成平面图形的构造和处理。

若把一个较为复杂的二维平面图形看成一个集合 $G$ ,有:

$$G = \bigcup_{i=1}^n G_i$$

其中 $G_i$ 是 $G$ 的元素  $n$ 为元素个数。

### 1.1.2 基本图素的选择

二维平面图形的每一个轮廓又由若干基本元素组成,一般有以下四种选取:

①点元素…… $G_p$ ;

国家“八五”重点科技攻关项目

收稿日期:1996-06-06

- ②点和直线段…… $G_p, G_l$ ;
- ③直线段和圆弧段…… $G_l, G_c$ ;
- ④直线段、圆弧段和非圆曲线段…… $G_l$ ,

对于一般的二维平面图形,为了减少存贮容量和处理的工作量,选用直线段和圆弧段作为基本图素是方便可行的。对于一图形轮廓只要知道其上每个直线段元素  $G_{li}$  和圆弧段元素  $G_{ci}$ ,则可确定。

即 
$$G_i = G_l U G_c$$

其中 
$$G_l = \bigcup_{i=1}^{k_1} G_i$$

$$G_c = \bigcup_{i=1}^{k_2} G_i$$

其构成关系可用下述有向树表示。

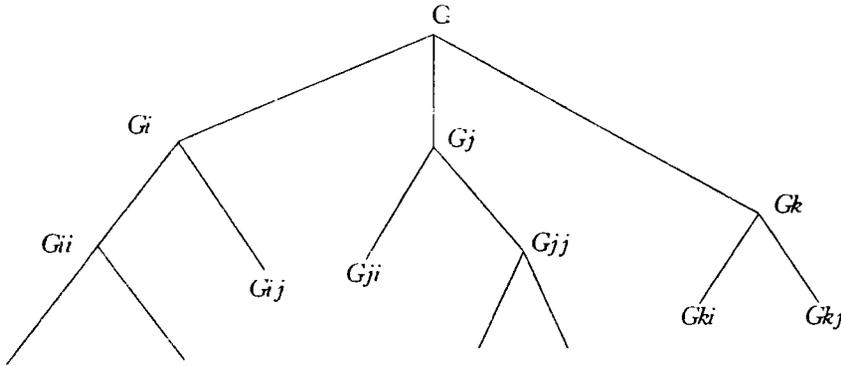


图1 平面图形构成关系图

## 1.2 平面图形的描述及数据结构

1.2.1 根据上述讨论的二维平面图形的特点及所建立的数学模型,可描述如下:较为复杂的二维平面图形是由直线段和圆弧段所构成的矢量化环的组合,可用外环内环来描述,矢量化环的方向符合约定。

### 1.2.2 数据结构

数据结构简单地说是带有结构关系的数据元素的集合。从集合论的观点可把数据结构描述为:

$$\text{Data structure} = (D, R).$$

其中  $D$  是数据元素的集合;

$R$  是数据元素关系的集合;

对于我们讨论的二维平面图形,  $D$  是  $G_l$  和  $G_c$ ,  $R$  是上图所表示的有向树结构。

为了准确表达图形的几何结构,便于处理及符合人们日常习惯,减少内存存贮量,我们把平面图形进行矢量化处理,即把各环看成是一些首尾相接的有向环,在各环中采取了点表顺序表达其基本线索的方法,并用点表指针构成环表,用来指出各环的结点数。

基本图素的描述又是采用始点坐标、连接关系、终点坐标的顺序来描述的,而终点坐标同时又是下一个基本元素的起点,其存贮关系表示为:



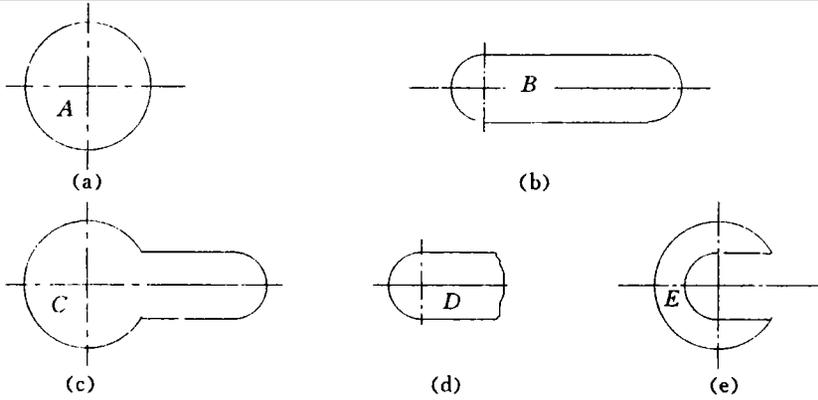


图2 图形的并、交、差运算

引入符号表示“并”、“交”、“差”，分别对应于：“ $\cup$ ”、“ $\cap$ ”、“ $-$ ”。则上述作图过程可表示为： $C=A\cup B$ ； $D=A\cap B$ ； $E=A-B$ ；

可以看出，拼合后的图形仍可作为面素参加后续运算，从而完成复杂平面图形的构型。

面素的廓线是面素点集的边界，计算机处理时，运用拼合法的原理运算的过程实际上就是对各面素的廓线之间求交点和重新组合的过程。如图3所示显示了图形A和图形B的拼合过程。

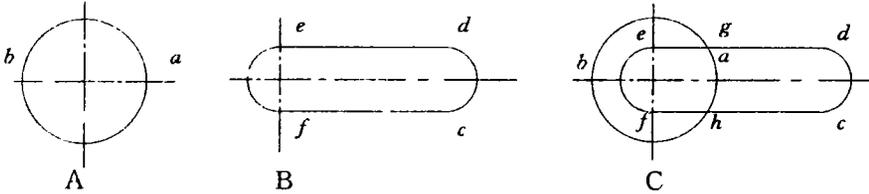


图3 拼合法的求交排序

首先，求出图A与图B的各交点g、h，然后按运算种类重建轮廓，并舍去不必要的线素，可以求得：

$$\begin{aligned} A \cup B & \text{ 为 } g b h c d g ; \\ A \cap B & \text{ 为 } g e f h a g ; \\ A - B & \text{ 为 } g b h f e g ; \end{aligned}$$

由于原面素上的点有被废弃的可能，故重建轮廓应从某一交点开始，这种运算完全符合集合运算的原则。

### 2.2 面素拼合法的算法概要

由前面的描述可知：平面图形是由外边界和内边界组成的，内外边界均为有向的封闭环，外环沿逆时针走向，内环沿顺时针走向。为了运算方便，本系统处理的图形要求：主动环仅有一个外环而无内环，被运算环图可有一个外环和多个内环。

#### 2.2.1 向量的交点及特征值

为了便于处理，在算法上对各个交点引入特征值的概念：

##### (1) 向量与向量的交点

设有两向量  $P_1P_2$ 、 $Q_1Q_2$ ，这两条向量的交点应满足方程组

$$\begin{aligned} P &= P_1 + (P_2 - P_1) \times \lambda \\ Q &= Q_1 + (Q_2 - Q_1) \times \mu \end{aligned}$$

$$\text{令} \quad \Delta = \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & u_2 - u_1 \\ y_2 - y_1 & v_2 - v_1 \end{vmatrix}$$

$$\text{当} \quad \Delta \neq 0 \text{ 时有: } \quad \lambda \times \Delta = \begin{vmatrix} u_2 - x_1 & u_2 - u_1 \\ v_2 - y_1 & v_2 - v_1 \end{vmatrix}$$

$$\quad \quad \quad \mu \times \Delta = \begin{vmatrix} u_2 - x_1 & u_2 - u_1 \\ v_2 - y_1 & v_2 - v_1 \end{vmatrix}$$

条件  $\Delta \neq 0$ , 只能说两向量所在的直线有交点, 当且仅当满足条件  $0 \leq \lambda \leq 1, 0 \leq \mu \leq 1$  时才说两线段有交点。

### (2) 交点的特征值

交点  $S$  对向量  $P_1P_2$  的特征值由矢量积  $P_1P_2 \times Q_1Q_2$  符号确定, 而交点  $S$  对向量  $Q_1Q_2$  的特征值由矢量积  $Q_1Q_2 \times P_1P_2$  确定。有:

$$IPC(S, P_1P_2, Q_1Q_2) = -1;$$

$$IPC(S, Q_1Q_2, P_1P_2) = +1.$$

### (3) 交点的特征值的几何意义

对向量  $P_1P_2$  而言交点  $S_1, S_2$  的特征值为  $-1, +1$ , 此时向量  $P_1P_2$  由交点  $S_1$  进入环内, 从交点  $S_2$  离开。

### (4) 某交点的特征值描述

为该点所在的线索与另一与该线索相交于该交点的线索在交点处方向矢量的叉乘积取符号函数的值, 由于每个交点是由分别位于两图上的点重合而后成, 因此它有二个不同的序号和特征值, 分别位于两图上且特征值异号。

### (5) 重交点的处理

当交点与环的顶点相重合时, 该交点称为重交点。先求出各重交点特征值的代数和  $\Sigma$ , 而后根据其代数和的数值  $\Sigma$  进行判断, 当  $\Sigma$  为零时表示向量从一侧穿越环, 而未进入环, 此时该交点不计入交点链表; 当  $\Sigma$  不为零时, 表示向量经过环的一个顶点穿入或穿出, 实际上此时仅起到一个交点的作用, 因此仅把一个交点的信息记入交点链表进行处理而舍弃另一个。

### (6) 扩充特征值的定义

如果交点是一个重点, 则把各交点的特征值的代数和符号作为重交点特征值的符号, 当特征值的代数和不为零时, 特征值的绝对值仍取为 1; 代数和为零时, 重交点的特征值取为零。

## 2.2.2 交点的描述

两图形有交点时, 求交的过程即是环的各边向量之间的求交运算, 这些向量的交点需包含几何信息和特征值两方面的信息:

(1) 该交点是属于哪一个环、哪一条边向量、它在此边向量的几何位置如何?

(2) 这个交点对另一个环来说, 是入点还是出点?

对于第二个问题, 由前面定义的特征值可以解决, 但是几何信息没有解决, 因为几何参数  $\lambda, \mu$  无法知道交点属于哪个环的哪一个边向量, 因此对几何参数必须给出新的表示法。

$$\text{令环一为: } \text{loop1} = L_{11}, L_{12}, L_{13}, \dots, L_{1n}, L_{11};$$

$$\text{环二为: } \text{loop2} = L_{21}, L_{22}, L_{23}, \dots, L_{2n}, L_{21};$$

分别对环一、环二的边向量从1开始编号。

若环一的第 $i$ 条边向量与环二的第 $j$ 条边向量有交点,则有 $0 \leq \lambda, \mu \leq 1$

定义  $\lambda i = i + \lambda$ ;  $\mu j = j + \mu$

为两环对应边向量交点的几何参数。这样交点的几何参数便由两部分组成:整数部分指出这交点所处的边向量;小数部分指明交点在此边向量上的位置。相应的,环顶点处几何参数的小数部分为零。几何信息与特征值一起便构成了一个交点的完整信息。

### 2.2.3 图形有交点情况下的拼合运算算法

①求图A和图B的各交点及交点处的特征值,按其位置参数的大小分别插入各环中形成新环;

②若为求“差”运算,把图B的环走向变反;

③选取图A中一个未遍历的交点作为新图上的一个环的起点,对该点遍历标记,若全部交点均已遍历,则转⑥;

④根据交点及运算性质作不同处理:

“并”、“差”运算且特征值为正或“交”运算且特征值为负时,则取该点为新图上的一个点,并沿环前进方向继续取点;

“并”、“差”运算且特征值为负或“交”运算且特征值为正时跳入另一图上表示同一交点的点上去,若未遍历,则取该点为新图上的一个点,置遍历标记则沿所在环前进方向继续取点,若跳入交点已经遍历,则转③;

⑤若所取点非交点,则取该点为新图上的点,沿该环前进方向继续取点,遇交点未遍历则转④进行判断;否则,若已遍历则转③;

⑥对各环的线素进行处理,排除重复点,化简数据;

⑦根据生成的新图的各环数据,绘制结果图形,并重新初始化,等待下一次运算输入。

用上述算法处理图形的图例如下:

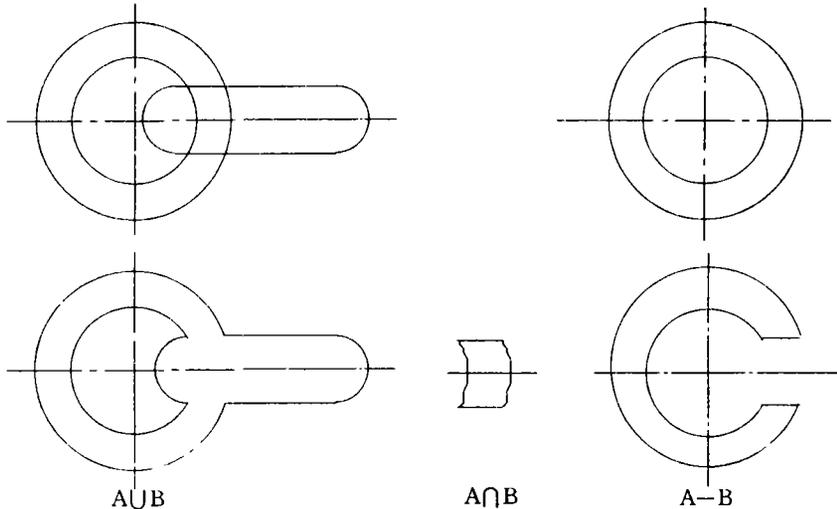


图4 有交点时的处理图例

(下转 37 页)

# The Study of High Absorption Resin Synthesised by Corn Starch Multi-graft Copolymerization with Acrylic Acid and Acrylamide

Liu Guoji      Luo Tingliang

(Zhengzhou University of Technology 450002)

Wang Liang

(Pingdingshan Nylon 66 Plant 467013)

**Abstract** The high absorption resin synthesised by corn starchgraft copolymerization with the acrylic acid and acrylamide had been studied and given the available operating parameters and process condition. The absorptivity of the prepared resins is between 400 to 750 grams per gram of solid.

**Keywords** Starch Graft copolymerization Acrylic acid Acrylamide High absorption resin

(上接 12 页)

## 参 考 文 献

- 1 何援军. 计算机图形学算法与实践. 湖南科学技术出版社
- 2 姚传治. 计算机图形学. 西安电子科技大学出版社. 1988
- 3 孙家广. 杨长贵. 计算机图形学. 清华大学出版社. 1995. 5
- 4 刘德平. 交互式平面图形编辑系统的研制. 西安电子科技大学硕士论文. 1994. 1

## Intelligent Treatment System of plane Drawing

Liu Deping    Li Xinsheng

(Zhengzhou University of Technology)

**Abstract** The Boolean operation on plane drawing is carried out with the aid of the Graphics Element Join to structure the complex drawing, by choosing fine smaller drawing. The system has fine performance and has strongly basis for future development

**Keywords** Boolean operation CAD/CAM CG