

计算机自动排样系统的设计与实现(I)*

张全伙 范慧琳

(华侨大学计算机科学系, 泉州 362011)

摘要 用 Borland C++ 在 486 微机上设计一个可运行于 DOS 环境下的计算机自动排样系统. 讨论系统的设计思想和实现技术, 同时探讨所提出的基于多边形包围盒的自动排样算法.

关键词 自动排样, 多边形包围盒, 合成多边形, 优化布局

分类号 TP 317

排样问题广泛存在于服装、皮革及机械制造等行业中. 所谓排样, 是指在一块平面区域(通常为矩形)的材料上, 合理地放置各种样片, 使得各样片之间不存在覆盖现象且所用材料尽可能少. 传统的排样方法是用手工操作的, 排料的效率和材料利用率全凭人工经验、直觉和想象进行判断与试验. 随着计算机技术的发展, 利用计算机模拟手工排样过程, 使排样过程实现自动化. 我们以在矩形布料上排放数量不定、形状任意的服装样片为设计背景, 用 Borland C++ 3.1 在 486 微机上设计, 实现了一个可运行于 DOS 环境下的计算机自动排样系统. 该系统采用软件工程的模块化设计方法, 各模块分开编写, 独立编译, 为系统测试和维护提供了方便. 系统可根据对原料利用率和排样精度的不同要求而产生不同的排样结果, 并借助交互寻优手段, 可使排样结果更趋完美.

1 系统结构

本系统主要具有数据管理、自动排样、交互寻优和结果输出等功能, 其结构如图 1 所示.

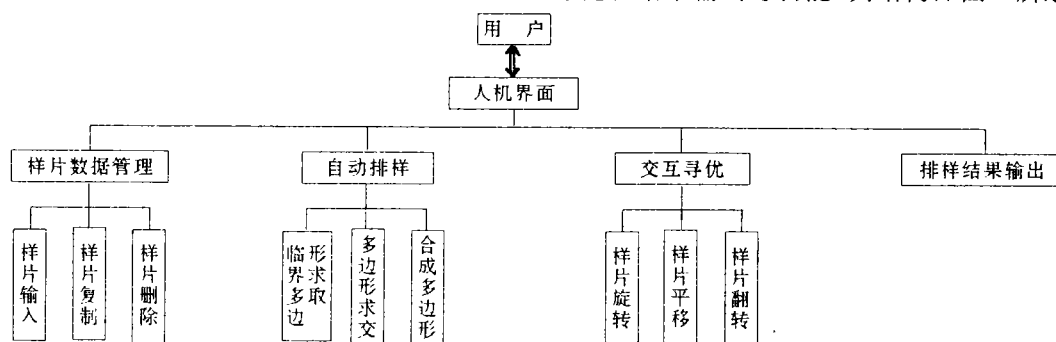


图1 系统结构框图

(1) 数据管理模块接收用户(或数据采集设备)输入的有关原料和衣片的基本几何参数信

* 本文 1996-07-15 收到; 国务院侨办重点学科科研基金资助项目

息,建立衣片数据库;同时可通过人机交互编辑功能完成对数据库的增加、删除、复制和修改等功能。此外,还完成内存衣片的存盘功能。

(2) 自动排样模块根据数据库中存放的有关衣片信息和用户对排样的精度需求,在无需人工干预的情况下进行自动排样,并给出材料利用率。

(3) 交互寻优模块接收用户对排样结果的调整,借助键盘和鼠标,用户可对任一衣片进行移动、旋转、翻转等操作,直到对排样结果感到满意为止。

(4) 结果输出模块将排样结果按要求比例输出到指定的外部设备中。

2 人机交互界面

一个软件界面越良好,越容易被用户接受,友好的用户界面令操作者赏心悦目,工作在轻松的气氛中,这也正是窗口软件 Windows 备受用户青睐的原因。基于这些考虑,本系统通过窗口形式与用户“对话”,其中各种对话框,信息窗口的图形界面与功能接口均模仿 Windows 软件,直观易用,操作方便。此外,在本系统中,采用了目前世界流行的图符式菜单,用形象标识图案作为菜单项,分两屏显示。为方便表现各功能的实现,屏幕被分成几个区,如图2所示。

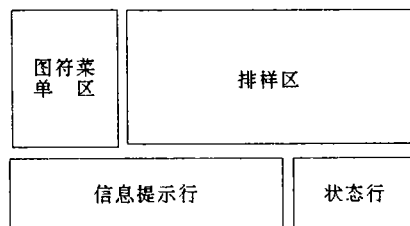


图2 界面示意图

(1) 图符菜单区:每个菜单项都用一个形象直观的图案作为标识。

(2) 排样状态行:显示当前屏幕排样衣片所在文件的文件名和布料的尺寸。

(3) 衣片排样区:衣片编辑与自动排样区域,并通过设置的各种信息窗口与用户进行“对话”或提供帮助。

(4) 信息提示行:如提示交互寻优时衣片翻转方向、旋转角度等信息。

整个屏幕界限分明,画面清晰美观,并且富有立体感。鼠标键盘混合操作,全部汉字提示,大大方便用户使用。

3 数据结构与数据管理

3.1 数据输入与衣片表示

样片模型是一条封闭曲线,它通常是通过数字化输入到计算机中的。在本系统中,我们采用鼠标和键盘进行衣片数据输入,并在屏幕上交互式绘图。由于曲线可用一系列线段拟合而成,因此由直线和曲线组成的衣片轮廓可以在误差允许的范围内用多边形来表示。关于多边形的表示有多种方法,我们采用直接坐标定位法,也就是定位衣片每个点屏幕显示其绝对坐标。这种表示法不仅可直接调用 Borland C++3.1 提供的 drawpoly(), fillpoly() 等函数在屏幕输出中绘制出封闭多边形,而且便于对衣片进行平行、旋转等变换。

3.2 数据结构

每个衣片是由足够多的点组成的封闭多边形,每个点的数据结构如下

```
type struct {  
    int x; /* 衣片存储点横坐标 */
```

```
int y; /* 衣片存储点纵坐标 */
}PIx1;

每个衣片可表示为
typedef union{
    Pix1 cp1[nn2]; /* 每个衣片至多由 nn2 个点组成 */
    int cp2[nn2 * 2];
}PIx;
```

考虑到 drawpoly(), fillpoly() 等绘制封闭多边形的函数,要求一个由多边形各点横坐标依次排列的整型数组作为入口参数,故在衣片结构中采用联合(union)的方法,节省了内存占用量。

由于在自动排样过程中,每个衣片的面积大小、凹凸性及各衣片的顶点数目都应该是确定的,因此,对所有衣片还要建立存储各类信息的结构

```
struct ccloth-P{
    double area; /* 衣片面积 */
    int tu; /* 检测衣片的凹凸性 */
    int bottom; /* 衣片的最低点坐标 */
    int num; /* 衣片的顶点数目 */
}at[maxpixnum] /* 内存中衣片数目 */;
```

3.3 数据管理

通过人机交互编辑完成衣片输入、复制和删除等数据管理功能。借助于增加、删除和修改处理,可以通过改变数据库中的数据内容而达到迅速建立新数据库的目的,从而节省衣片数据的输入时间。

(1) 衣片输入. 它由衣片绘制、存储和读取三个子模块组成。衣片绘制是将鼠标或键盘确定的坐标信息写入内存的衣片结构中,并完成衣片的绘制;衣片存储完成衣片描述信息的物理存储,为方便管理,所有衣片的数据文件都存放在同一子目录下,其物理存储格式如图 3 所示。

文件头标志	该文件的衣片数目	编号 1 衣片顶点数
编号 1 衣片各顶点坐标	编号 2 衣片顶点数	编号 2 衣片
各顶点坐标	编号 n 衣片顶点数
各顶点坐标		编号 n 衣片

图 3 衣片文件物理存储格式

图 3 所示。衣片读取是打开所选择的衣片数据文件,将衣片描述信息读入内存的衣片结构中。

(2) 衣片复制. 分配衣片空间,将复制衣片的所有顶点信息原样传送给新衣片,衣片总数加 1。

(3) 衣片删除. 释放内存中该删除衣片的空间,衣片总数减 1。

4 自动排样

排样问题是一个寻找平面最优布局的问题,可以形式化描述如下:将一组二维不规则衣片 P_1, P_2, \dots, P_n 合理地放置在原料 P 中,并使其满足:(1) P_i 完全放置在 P 内, $i=1, 2, \dots, n$; (2) P_i, P_j 互不重叠, $i < j, i, j=1, 2, \dots, n$; (3) 原料利用率最高。

4.1 自动排样算法

通常,自动排样算法都是采用大样片优先,排完一片,该样片位置便已固定;取下一片,并在剩余的原料空间中继续排样,直到所有样片排完为止。我们在本系统中提出的自动排样算

法,在排样中,一个衣片的位置需经两次定位:首先,寻求排样衣片的合成多边形的最小包围盒进行初次定位;然后,根据最左、最低原则将初次定位的衣片放置在布料的最左、最下角.这样,在整个排样过程中,衣片位置不固定,所以更具有灵活性,原料利用率也明显提高.如图4所示,按传统排样方法:(a)中衣片A已固定,排样后得到(b);本系统排样结果为(c).显然,(c)的排样效果较佳.

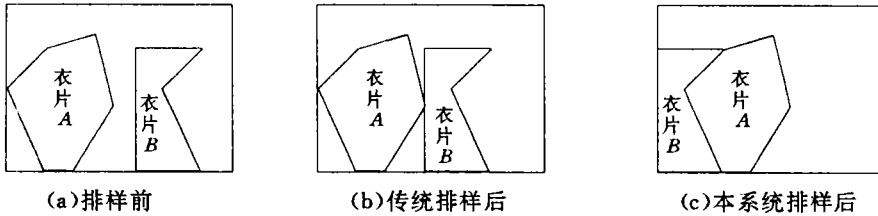


图4 传统排样与本系统排样比较

根据上述思路,自动排样算法可描述如下:(1)按面积从大到小顺序排序所有衣片;(2)选择一个面积较大的衣片作为初始;(3)从尚未定位的衣片中选择面积较大的衣片作为试衣片;(4)求试排衣片在允许旋转范围内的临界多边形;(5)求合成多边形;(6)沿临界多边形求试排衣片与原合成多边形的最小包围盒;(7)求新的合成多边形;(8)如果衣片尚未排完,则转(3);(9)根据最左最低原则,在布料上最后定位衣片;(10)结束.

4.2 临界多边形和合成多边形^[1]

由于衣片表示为多边形,并且在排样过程中的任一时刻,我们可以求出包括全部已排放衣片的多边形.因此排放一新的衣片,就是寻找两个多边形相互接触但不重叠的最佳位置.

设给定一位置确定的多边形A,使多边形B不改变方向(即不旋转)邻接A绕行一周,并使得在绕行过程中始终与A接触但不重叠,所得到的B的参照点的轨迹也是一个多边形,我们称这个多边形为B相对于A的临界多边形.如图5所示.如果A和B都是凸多边形,其临界多边形的求解比较简单;对于凹多边形,因为此时不能做到A(B)的每个顶点都与B(A)的边相邻而又不重叠,也不能平移完整的一条边而保证不重叠.所以在求解临界多边形时,需要随时进行重叠性检查.关于任意两多边形的求交解法,我们在文[2]中已作了详细讨论,这里就不赘述了.

前面曾说过,在排样过程中,需要求出包括全部已排放衣片的多边形,我们称这种多边形为合成多边形.当确定了一新衣片的位置后,求新的合成多边形就是求新衣片与先前的合成多边形的接触点,然后对两个多边形的所有顶点重新合并和编号.如图6所示,设多边形A是已排放衣片的合成多边形,B是正在试排的衣片.此时,临界多边形顶点是 $A_i(B_j)$.以 A_{i-1} 作为合成多边形的起点,以 B_{j+1} 作为第二点,按递时针方向读取B的顶点直至 B_j (A_i),再读取A的顶点 A_{i+1} ,直到顶点 A_{i-1} ,由此所形成的多边形就是合成多边形.这样,原多边形A的边 $A_{i-1}A_i$,B的边 B_jB_{j+1} 被忽略了.

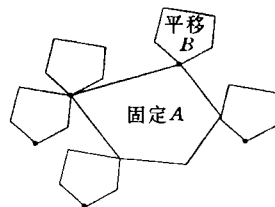


图5 临界多边形

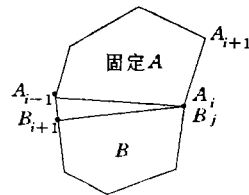


图6 合成多边形

4.3 原料利用率计算

在排样过程中的某一时刻,若已排放衣片 P_i 的合成多边形为 A_i ,记 A_i 的最小包围盒面积为 $S_{\text{box}}(A_i)$,所有衣片的面积累加和为 $\Sigma S(P_i)$,则当前时刻原料浪费的积累 $\text{ADW}(A_i)$ 为

$$\text{ADW}(A_i) = S_{\text{box}}(A_i) - \Sigma S(P_i)$$

如果我们将 $S_{\text{box}}(A_i)$ 看为原料面积,则当前时刻原料利用率 $P(A_i)$ 为

$$P(A_i) = 1 - \text{ADW}(A_i)/S_{\text{box}}(A_i)$$

前面多次提到多边形的最小包围盒,它指的是包络多边形的最小规划矩形(矩形一条边为水平边).

5 交互寻优

交互寻优主要是对自动排样结果进行人工调整优化,其基本处理过程是:用户通过键盘或鼠标选择某一待调整衣片,然后根据需要旋转、平移或翻转此衣片.一旦找到适当位置,就释放它,而系统则保存此衣片新的排放位置.此外,用户还可选取一尚未排放的衣片排放在原料中.

6 排样结果输出

将排样结果输出到指定的外设,或在 CAD/CAM 一体化中作为加工设备的原始数据.此时,解决系统和加工设备的接口驱动管理程序是输出模块的主要任务.

参 考 文 献

- 1 罗 为. 二维不规则形状计算机自动排样系统 CATLS 的研究与设计. 计算机工程, 1995, (6): 3~9
- 2 张全伙, 曾晓帆, 范慧琳. 任意两个多边形的求交算法. 华侨大学学报(自然科学版), 1995, 16(1): 111~115

Design and Implementation of a Computer-Automated Layout System (I)

Zhang Quanhua Fan Huilin

(Dept. of Computer Science, Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract By using Borland C++ language, a computer-automated layout system, which can be operated in DOS environment, is designed on 486 microcomputer. The author discuss design thinking and implementation technique of this system; and go further into its automated layout algorithm based on polygonal embracing cartridge.

Keywords automated layout, polygonal embracing cartridge, composite polygon, optimized layout