

文章编号: 1005-8893 (2003) 01-0053-04

# CAD 技术在矩形铝板幕墙排样中的应用<sup>\*</sup>

吴明友<sup>1</sup>, 朱灯林<sup>2</sup>

(1. 常州轻工职业技术学院 机械工程系, 江苏 常州 213004; 2. 河海大学机电学院, 江苏 常州 213022)

**摘要:** 针对矩形铝板幕墙生产特点及排样要求, 研究了矩形件排样的算法, 提出了适合于矩形铝板排样的优化过程。在此基础上利用 VC++6.0 作为开发工具开发了一套以排样数据库为核心的集数据库维护、排样优化、数据查询等功能于一体的排样软件。

**关键词:** 铝板幕墙; 排样优化; 计算机辅助设计

**中图分类号:** TH 122; TP 391.72

**文献标识码:** A

板料的排样优化 CAD 技术广泛应用于钣金件的生产中, 其目的就是在给定的区域内按最优方式对一系列的二维零件进行布置, 从而使废料最少, 材料利用率最高。

矩形铝板幕墙由一系列的矩形铝板拼合而成, 通常这些矩形板是从一块大的板材上切割下来的。为了合理地在板材上布置排件, 常常靠有经验的工人反复试排, 整个过程时间很长且依赖个人技巧。在钣金生产过程中, 板材消耗一般占总成本的 60% 左右, 且生产的批量一般都比较大。因此, 即使材料利用率提高 1%, 其经济效益也相当可观。同时, 制作铝板幕墙时间一般比较紧迫, 只有当建筑物墙体建好时, 墙体表面尺寸才最后确定下来, 根据这个尺寸, 马上就要进行铝板幕墙的制作。这就要求企业对市场具有较高的反应速度和生产效率, 而手工是很难做到这一点的。采用计算机辅助排样优化不仅可以降低成本, 提高生产率, 而且提高企业对市场的反应速度, 使企业在市场竞争的大潮中立于不败之地。因此, 采用计算机对这种排样过程进行优化, 已成为该行业企业的迫切需要。

本软件要求根据用户目前仓库中库存的不同矩形铝板的尺寸以及每块矩形幕墙的种类和相应的展开尺寸, 能够在最短的时间内完成排样优化设计计算, 得出优化排样的结果和材料利用率。

## 1 排样的优化算法

在进行本软件的设计过程中, 针对铝板幕墙的生产过程和特点, 铝板和排件都是矩形的且其尺寸有许多规格, 排样过程必须对排件在各种不同规格的铝板上的布置方式进行优化, 最终得到材料利用率较大时的排件在对应铝板上的布置方式及相应的铝板参数。

本软件是针对于在不同规格矩形的铝板上排不同尺寸的矩形排件。排件在铝板上沿  $0^\circ$  放置或者沿  $90^\circ$  放置, 不考虑其它角度的放置, 因为其它角度的排样, 一是解空间太大, 另外排件沿铝板倾斜放置不符合实际的加工工艺要求, 不便于落料。所以本软件的算法没有考虑其它的排放角度。

### 1.1 在给定铝板上对不同排件进行排样

首先针对某块铝板 ( $j$ ): 铝板号—— $numb_j$ ; 铝板的长度—— $L_j$ ; 铝板的宽度—— $W_j$ ; 铝板的数量—— $n_j$ ; 铝板的面积—— $area_j$ 。

设某一规格的排件 ( $i$ ): 排件的长度—— $l_i$ ; 排件的宽度—— $w_i$ ;  $S_{1i}$ 、 $S_{2i}$ 、 $S_{3i}$ 、 $S_{4i}$  分别为在某块 ( $j$ ) 铝板上放第  $i$  排件所对应的 4 种情况下排件的数目。(4 种情况如图 1 所示, 其中  $1 \leq S_{1i}$ 、 $S_{2i}$ 、 $S_{3i}$ 、 $S_{4i} \leq n$ )。

\* 收稿日期: 2002-07-06

作者简介: 吴明友 (1966-), 男, 江苏灌南人, 硕士, 高级讲师。

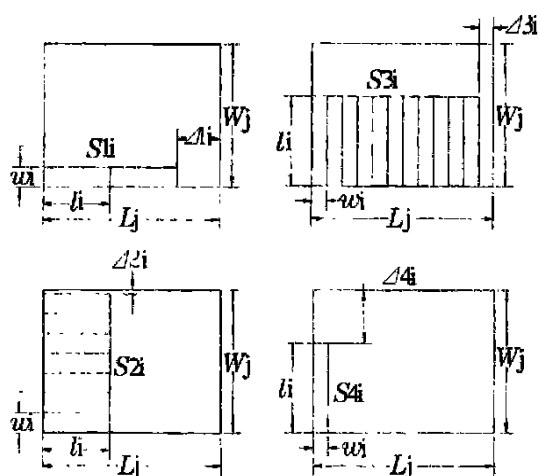


图1 第*i*个排件垂直地沿第*j*铝板排放的4种情况

这4种情况为排件水平地分别沿铝板横放和竖放、排件垂直地分别沿铝板横放和竖放。 $\Delta_{1i}$ 、 $\Delta_{2i}$ 、 $\Delta_{3i}$ 、 $\Delta_{4i}$ 分别为图1中4种情况下单边材料余量。 $\Delta_{1i} = L_j - S_{1i} l_i$ ,  $\Delta_{2i} = W_j - S_{2i} w_i$ ,  $\Delta_{3i} = L_j - S_{3i} w_i$ ,  $\Delta_{4i} = W_j - S_{4i} l_i$ , 则具体优化过程如下:

(1) 在  $\Delta_{1i}$ 、 $\Delta_{2i}$ 、 $\Delta_{3i}$ 、 $\Delta_{4i}$  中选择最小的作为  $t_i$ 。则:  $t_i = \min \{ \Delta_{1i}, \Delta_{2i}, \Delta_{3i}, \Delta_{4i} \}$ ; 然后再在  $t_i$  中选择最小的即  $\min t_i$ ;  $\min t_i = \min \{ t_1, t_2, \dots, t_n \}$ 。

(2) 根据  $\min t_i$  先选择铝板及排件的排列方向, 进行排列, 把剩余区域划分为如图1所示的两个区域递归调用步骤(1)和(2)直至最终剩余的区域不能再排任何排件为止。如果材料利用率达到或大于90%, 把结果写入结果数据库, 并取出铝板数据库中下一块未排样的铝板重复步骤1.1。

如果材料利用率小于90%, 则检查未排区域是否能安排其它较小的排件, 如果能, 则在新的矩形区重复步骤1.1。如果排样结果材料利用率大于或等于90%, 则把结果写入结果数据库。如果仍小于90%, 则换下一块不同规格的铝板继续重复步骤1.1<sup>[1]</sup>。

## 1.2 选择不同的铝板进行优化排样

对于铝板不同规格的优化选择, 本软件采用如下方法:

在铝板的数量  $0 \sim n$  范围内产生一个随机整数  $j$ , 根据  $j$  的数值取出相应的铝板进行排样, 如果材料利用率大于90%, 把数据写入结果数据库, 并把已排铝板及其上的排件分别从铝板数据库和排件数据库中去除, 然后根据下一个随机数取出另外

一块铝板进行排样。

如果第  $j$  块铝板材料利用率小于90%, 则继续产生随机数, 一直重复10次, 直到得到材料利用率大于90%的铝板或者满10次以后取10次中材料利用率最高的铝板作为最终的排样结果, 并把该铝板及其上的排件分别从铝板数据库和排件数据库中删除<sup>[2]</sup>。

## 2 系统设计

### 2.1 软件的结构设计

软件的整个结构如图2所示, 软件以数据库为中心, 用数据库来管理排样过程中用到的铝板数据、排件数据以及优化结果的有关数据。

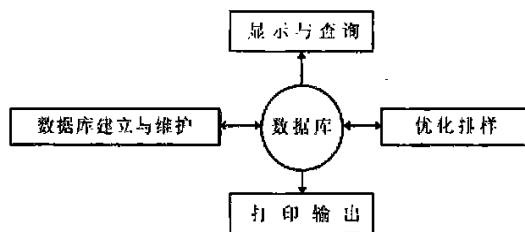


图2 铝板幕墙优化排样软件结构图

数据库的新建功能中有增加记录、删除记录和修改记录的功能, 对于排件数据库来说, 每个记录有排件号、排件数、排件长、排件宽等4项, 可在数据库中建立一个有关铝板和排件的一个新表。用户通过增加、删除和修改功能灵活地对数据记录及项进行编辑修改。

数据库的修改功能可以通过 ODBC 对数据库中的记录、字段的内容作相应的修改、增加、删除等操作。

数据库的查询和显示功能可以根据指定的数据库输入来查询并显示数据库中已有的排件数据表和铝板数据表以及结果数据表。

数据库维护功能的数据流程图如图3所示。软件的优化排样功能是本软件的关键功能, 根据用户所选择的铝板数据库和排件数据库, 该功能可自动按一定的算法进行运算, 最后输出优化排样的结果。优化排样功能的数据流程图如图4所示。

打印与输出功能能够打印出用户所需要的铝板数据库、排件数据库以及优化结果。打印与输出功能的数据流程图如图5所示。

### 2.2 软件的模块化设计

本软件可划分为4大模块: 数据库维护模块、

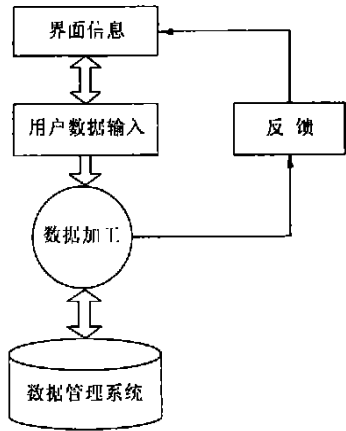


图3 数据库维护功能的数据流程图

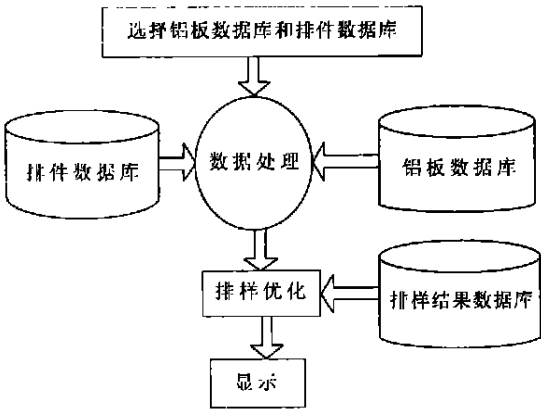


图4 优化排样功能的数据流程图

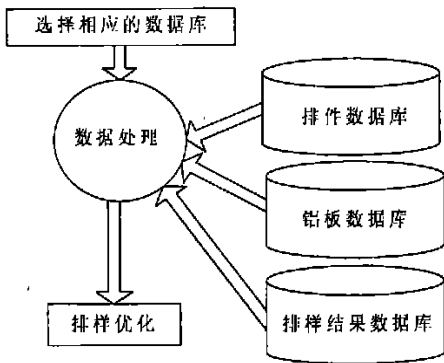


图5 打印与输出功能的数据流程图

优化排样模块、查询显示模块、打印输出模块。

2.2.1 数据库维护模块

该模块又分为新建数据库模块、修改数据库模块、查询数据库模块。分别完成对数据库内容的新建、修改、查询。

新建数据库模块分为新建排件数据库和铝板数据库，对于排件数据库，用户需输入新建排件数据库名、排件编号、排件长、排件宽、排件数量等，在该模块中，有3个数据操作。用于对数据记录和数据项的操作，分别是增加、删除、修改，增加排

件数据库，删除排件数据库，修改排件数据库。

对于铝板数据库，用户需输入新建铝板数据库名、铝板编号、铝板长、铝板宽、铝板数量等，在该模块中，有3个数据操作。用于对数据记录和数据项的操作，分别是增加、删除、修改，增加铝板数据库，删除铝板数据库，修改铝板数据库。根据用户输入的数据（如铝板的序号（num<sub>b</sub>）、尺寸（L<sub>j</sub>×W<sub>j</sub>），排件号（i）、尺寸（l<sub>i</sub>×w<sub>i</sub>）、数量（n）等）建立相应的铝板数据库、排件数据库。

2.2.2 优化排样模块

完成对用户所输入的铝板和排件的数据库进行优化排样。优化排样模块可以根据用户的要求在一系列铝板上最优的排出系列的排件。通过软件内部的算法和相应程序实现排样优化。并将优化结果存入相应的数据库。优化排样时，用户首先应选择排件数据库和铝板数据库，并输入结果数据库的名称，系统就能自动从相应数据库中读取有关排件的数据和铝板的数据，点取排样按钮后，根据从数据库读取的数据，系统自动进行排样优化计算，并把排样结果显示在排样结果列表框中，按确认按钮后，系统自动将排样结果数据存入新的数据库中<sup>[3]</sup>。

2.2.3 查询显示模块

该模块又分为排件数据库查询模块、铝板数据库查询模块、排样结果查询模块。分别完成对排件、铝板数据库以及排样结果的查询和显示。

2.2.4 打印输出模块

包括打印机设置模块、打印预览模块、打印模块。分别完成打印机的设置、打印预览和打印。打印机设置模块用来设置打印机以便打印。打印预览模块实现预览将要打印的板件、排样、优化结果等数据。打印输出模块的具体操作过程为：首先，用户选择需查询的数据库，点出“查询结果列表”，则相应数据库中的记录就会自动显示在窗口中。

2.3 数据库的结构设计

本软件采用 ODBC 管理 Foxpro 类型的关系数据库，在程序中采用 Cdatabase 和 CrecordSet 类来访问、修改和维护数据库。整个排样优化数据库系统共有排件数据库 pjdata，铝板数据库 pbdata 和排样结果数据库 resultdata 等3个。其中 pjdata 中为存放排件参数系列的表，pbdata 中为存放铝板参数系列的表，resultdata 中为存放排样结果参数系列的表。数据库通过 ODBC 提供的标准应用程序接

口和 SQL 语法和 foxpro 数据库管理系统进行通讯。

3 应用实例

目前某厂仓库中可用于排样的铝板的规格如表 1 所示。

表 1 某厂仓库中可用于排样的铝板的规格

铝板号	铝板数	铝板长		铝板宽	铝板号	铝板数	铝板长		铝板宽
		/mm	/mm				/mm	/mm	
1	3	1 200	2 000		2	2	1 250	2 100	
3	4	1 390	1 400		4	2	1 390	1 490	
5	4	700	1 850		6	3	720	1 250	
7	2	850	2 150		8	5	1 000	2 500	
9	1	1 100	1 190		10	15	1 180	1 830	
11	29	1 250	1 050		12	1	1 250	1 170	
13	3	1 250	2 180		14	1	1 250	2 630	
15	26	1 250	3 950		16	21	1 460	1 500	
17	8	1 000	2 000		18	8	1 200	200	
19	6	1 200	2 500		20	1	680	1 700	
21	1	680	1 800		22	1	715	2 000	
23	4	1 050	1 700		24	9	1 200	1 250	
25	1	1 200	1 750		26	4	1 200	2 000	
27	26	1 250	2 000		28	2	700	2 030	
29	10	700	2 050		30	1	720	2 180	
48	2	1 120	2 050		49	27	1 200	1 400	
50	3	1 200	1 550		51	6	1 210	2 000	
52	2	1 280	1 980		53	85	1 650	3 300	
54	40	2 000	4 000		55	3	1 300	2 500	
56	38	1 800	4 200		57	1	1 200	1 350	
58	2	800	1 350		59	1	850	1 950	
60	3	1 250	1 500		61	15	1 250	2 800	
62	150	1 500	2 050		63	93	1 600	2 050	
64	11	1 600	3 800		65	58	1 650	3 900	
66	3	1 800	3 950		67	91	2 000	4 000	
68	23	1 500	4 000						

需要排样的排件如表 2 所示。

表 2 需要排样的排件

排件号	排件数	排件长		排件宽	排件号	排件数	排件长		排件宽
		/mm	/mm				/mm	/mm	
YLB-700	1	1 641	1 419		YLB-701	1	1 641	1 419	
YLB-695	1	1 383	1 018		YLB-699	1	1 019	1 243	
YLB-622	1	933	1 218		YLB-621	1	947	1 218	
YLB-620	1	951	1 218		YLB-623	1	997	1 218	
YLB-697	1	1 383	1 018		YLB-698	1	1 019	1 243	
YLB-829	1	1 786	948		YLB-828	1	1 786	948	
YLB-685	2	1 495	567		YLB-720	1	925	868	
YLB-721	1	881	868		YLB-706	1	1 755	868	
YLB-707	1	1 750	868						

用本软件在表 1 的铝板上排表 2 的排件，绝大部分利用率在 90% 以上，满足厂家要求。

参考文献:

[ 1 ] 黄崇斌, 胡吉全. 板材优化下料矩形综合法 [ J ]. 起重运输机械, 1999, (6): 28-30.  
[ 2 ] 张爱军. 一种优化排料 CAD 的典型算法与系统实现 [ J ]. 湖南大学学报, 1998, 25 (5): 46-50.  
[ 3 ] 刘德全, 滕弘飞. 矩形件排样问题的遗传算法求解 [ J ]. 小型微型计算机系统, 1998, 19 (12): 20-25.

Application of CAD in the Layout of the Rectangle Aluminium Coating Wall Plate  
WU Ming-you<sup>1</sup>, ZHU Deng-Lin<sup>2</sup>  
(1. Department of Mechanical Engineering, Changzhou Institute of Light Industry Technology, Changzhou 213004, China)

**Abstract:** According to the production feature of the aluminium coating wall plate, the algorithm of rectangle layout was studied, and the suitable optimized layout process of the aluminium coating plate was presented. As a result of above-mentioned research, a software which integrated the maintenance of data, data query and optimized layout, etc. by means of VC++6.0 developing tool was designed. In addition, this system's construction design, module dividing, data construction and flow were also discussed.

**Key words:** aluminium coating wall plate; optimized layout algorithm; CAD