

人造板分裁的优化设计

王兆伍 陈国仁

(南京林业大学 南京 210037)

摘要 本文利用无尺寸表示矩阵、尺寸向量矩阵建立了人造板分裁的数学模型,在考虑人造板分裁的工艺要求下,建立了人造板分裁的优化目标函数和约束函数,其目标函数以最小的下脚料面积为目标函数,从而获得最低的生产成本。该优化方法简单可行,在家具生产中有着普遍的实用价值。

关键词 人造板;分裁图;无尺寸表示矩阵;尺寸向量矩阵;优化设计

人造板在家具生产中得到了广泛的应用,但如何提高人造板的出材率,降低生产成本是生产厂所关注的问题。一般情况下,生产厂总是购买尺寸较大的人造板,然后根据家具的具体尺寸进行分裁。如何在整块人造板上进行套裁使得出材率最高,以降低生产成本,为此,本文提出一种人造板分裁的优化设计方法,即根据分裁尺寸、生产批量、原材料的规格和工艺要求等因素建立目标函数和约束函数,从而获得最低的生产成本。

1 分裁图的数学模型

在家具生产中,所需板材的形状大多是矩形的,因此若干块大小不同的矩形即组成了一整块人造板的分裁图。为了便于计算机对分裁图进行数学处理,我们将分裁图的尺寸和形状分别加以考虑——即用图形的无尺寸表示和尺寸向量共同来表示一个图形。

1.1 无尺寸表示

如需在一整块人造板上分裁一个矩形板,可采用如图1(a)所示的两种方法分裁。下面以图1为例说明无尺寸表示方法。首先在图1(a)中分别用水平、垂直辅助线(每条辅助线至少与矩形的一边重合)将整块板分割成若干大小不等的小矩形。在本例中,每个图形均包含9个小矩形(图1(b)所示)。使得每个图形中的所有小矩形均转变为大小相同的正方形,这样原来的两个图形就转变为完全一样的等矩正方形网格(图1(c)所示)。这种在等矩正方形网格中表示不同图形的共

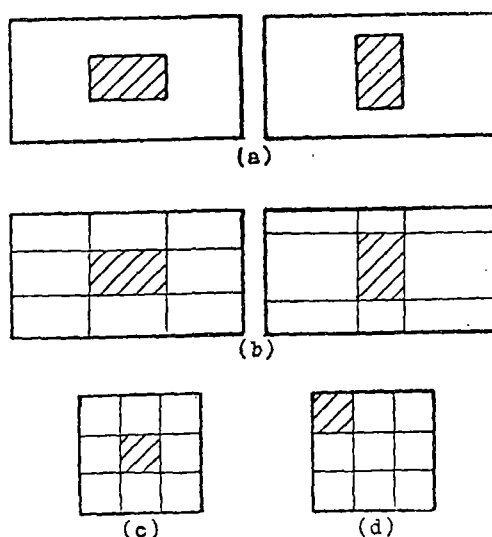


图1 分裁图的无尺寸表示

同形状的方法称为无尺寸表示。

由无尺寸表示的图形可用无尺寸表示矩阵 NS 来表示,矩阵中的元素与等矩正方形网格中的元素一一对应,即

$$NS = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \cdots \cdots (1)$$

式(1)中以 $a_{ij} = 0$ 表示下脚料, $a_{ij} > 0$ (且为正整数)表示所需的板材,其编码规则为:用一个 n 位的正整数表示,其中低两位表示该规格的板材在某一分裁图中的序号,其余位表示该规格板材的编号。例如图1(c)的无尺寸表示矩阵 NS 为:

$$NS = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 101 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

在分裁图中,有时会产生某一辅助线通过另一矩形面将该矩形分割成两块,这时在无尺寸表示矩阵NS中的表示方法为 $a_{ij} = a_{ij} + 1$ 或 $a_{ij} = a_{i+1j}$ 。

如果对无尺寸表示矩阵NS进行行变换或列变换,就可得到不同的分裁图。例如将式(2)第一行与第2行交换,再将第1列与第2列交换,即可得到:

$$NS = \begin{pmatrix} 101 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

这时的分裁图在等矩正方形网格中的表示如图1(d)所示。

1.2 尺寸向量

上述无尺寸表示矩阵仅描述了图形的形状特征,其尺寸特征需利用水平、垂直方向的尺寸向量X、Y来描述,坐标系的建立如图2所示。其中

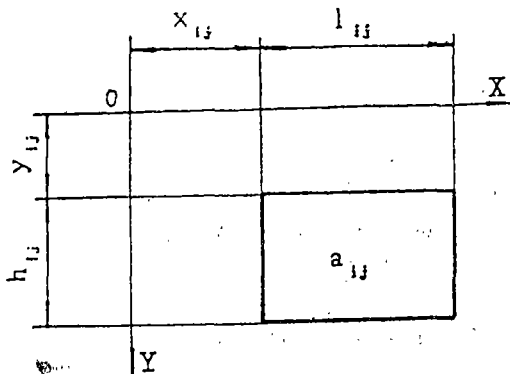


图2 分裁图的尺寸向量

x_{ij} 、 y_{ij} 表示矩形 a_{ij} 的起点坐标, l_{ij} 、 h_{ij} 分别表示矩形的长和宽。将这些参数用尺寸向量矩阵S表示,即:

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mn} \end{pmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

式中: $S_{ij} = \begin{pmatrix} x_{ij} & l_{ij} \\ y_{ij} & h_{ij} \end{pmatrix}$

于是在无尺寸表示矩阵NS和尺寸向量矩阵S之间建立了一一对应的关系,并完整描述了分裁图的形状和尺寸的特征。

2 优化数学模型的建立及优化方法

考虑到家具外观对木纹方向的要求以及胶合板纵横方向力学强度的差异,规定顺木纹方向为长度

方向,另一方向为宽度方向。对于纤维板一类的人造板则无此要求。设所需板材尺寸的规格有k种;我们可用Monte-carlo法^[1]得到n种分裁方案和对应的下脚料面积,设第i($i=1, 2, \dots, n$)种分裁方案中可得到第j($j=1, 2, \dots, k$)种规格的数量为 b_{ij} ,第j种规格的板材总需要量为 c_j , a_i 和 x_i 为第i种方案的下脚料面积和整块人造板的块数,则目标函数 $F(\bar{X})$ 和约束函数 $G_s(\bar{X})$ ($s=1, 2, \dots, k+n$)分别为:

$$\left. \begin{aligned} F(\bar{X}) &= \sum_{i=1}^n a_i x_i; \\ G_1(\bar{X}) &= \sum_{i=1}^n b_{i1} x_i \geq c_1; \\ G_2(\bar{X}) &= \sum_{i=1}^n b_{i2} x_i \geq c_2; \\ &\dots\dots\dots \\ G_k(\bar{X}) &= \sum_{i=1}^n b_{ik} x_i \geq c_k; \\ G_{k+1}(\bar{X}) &= x_1 \geq 0; \\ G_{k+2}(\bar{X}) &= x_2 \geq 0; \\ &\dots\dots\dots \\ G_{k+n}(\bar{X}) &= x_n \geq 0. \end{aligned} \right\} (4)$$

从式(4)可知,目标函数和约束函数均为线性函数,故该优化问题属于线性规划问题,可采用单纯形法^[2]求得最优解。

另外,为了能使锯割时每一锯能将板材一分为二,需要检查每一种方案形成的无尺寸表示矩阵NS,即检查 $a_{ij} \neq a_{i+1j}$ ($j=1, 2, \dots, n$)或 $a_{ij} \neq a_{ij+1}$ ($i=1, 2, \dots, m$),则i和i+1处或j和j+1处为锯路,分成二块后再分别检查这两个子矩阵,以此类推,直至每一个子矩阵只包含一个元素。若不能满足上述要求应重新抽样。

此外,在形成尺寸向量矩阵S时,其中的 l_{ij} 和 h_{ij} 需要考虑锯路损耗。

3 应用实例

在一书柜上需要的刨花板分裁尺寸及总数量见表1,刨花板的供应规格为1830mm×1220mm。

表1 某书柜所需刨花板的尺寸

下料尺寸 (l×b,mm)	1605×365	810×360	810×330	530×405
单件数量	2	3	3	2
总数量	200	300	300	200

表2 分裁方案和下脚料面积

下料尺寸 ($l \times b$, mm)	各方案的裁板块数和下脚料面积												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1605×365	0	3	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
810×360	2	0	4	0	7	1	0	0	1	0	5	2	5
810×330	2	0	1	3	0	3	0	5	2	7	0	0	2
530×450	4	0	0	2	0	3	9	0	2	0	0	4	0
下脚料面积 (m^2)	0.256	0.475	0.213	0.416	0.191	0.495	0.300	0.310	0.391	0.362	0.189	0.205	0.240

用Monte-carlo法作100次随机抽样, 其中13种方案和下脚料面积如表2所示。由式(4)和单纯形优化方程可得:

$$\begin{aligned} x_2 &= 17; x_3 = 50; x_8 = 50; x_{12} = 50; \\ x_i &= 0 \quad (i = 1, 2, \dots, 100, \text{且 } i \neq 2, 3, 8, 12)。 \end{aligned}$$

$$F(\bar{X}) = 44.3167 m^2。$$

即总需要量为167块刨花板, 其中第2种分裁方案为17块, 第3, 8, 12种方案各为50块。其分裁图如图3所示。其中图3(b)的无尺寸表示矩阵 NS_4 和尺寸向量矩阵 S_4 表示如下:

$$NS_4 = \begin{pmatrix} 101 & 101 & 101 & 101 & 101 & 0 & 0 \\ 302 & 203 & 204 & 205 & 206 & 206 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$S_4 = \begin{pmatrix} 0 & 330 & 330 & 360 & 690 & 360 & 1050 & 360 & 1410 & 195 & 1605 & 165 & 1170 & 60 \\ 365 & 810 & 0 & 365 & 0 & 365 & 0 & 365 & 0 & 365 & 0 & 365 & 0 & 365 \\ 0 & 330 & 330 & 360 & 690 & 360 & 1050 & 360 & 1410 & 195 & 1605 & 165 & 1170 & 60 \\ 365 & 810 & 365 & 810 & 365 & 810 & 365 & 810 & 365 & 810 & 365 & 810 & 365 & 810 \\ 0 & 330 & 330 & 360 & 690 & 360 & 1050 & 360 & 1410 & 195 & 1605 & 165 & 1170 & 60 \\ 1175 & 45 & 1175 & 45 & 1175 & 45 & 1175 & 45 & 1175 & 45 & 1175 & 45 & 1175 & 45 \end{pmatrix}$$

通过上面计算该批板材的利用率为88%。

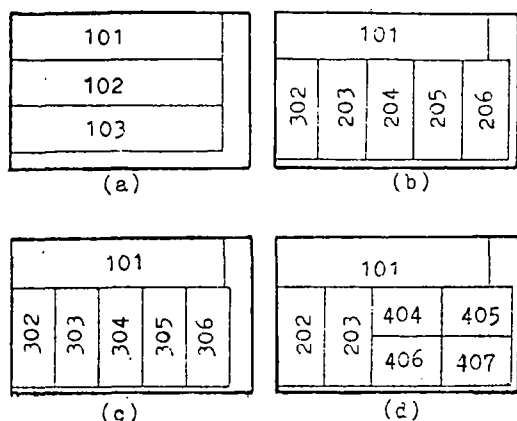


图3 分裁图

(a) 第2种分裁方案 (b) 第3种分裁方案
(c) 第8种分裁方案 (d) 第12种分裁方案

4 结束语

利用本文所建立的分裁图数学模型及优化数学模型对人造板的下料方案进行优化, 可获得最低的生产成本。该优化方法简单可行, 易于在家具行业中推广应用。

5 参考文献

- 徐钟济编著. 蒙特卡罗方法. 上海, 上海科学技术出版社, 1985, 40~49
- 席少霖, 赵凤治编著. 最优化计算方法. 上海, 上海科学技术出版社, 1983, 204~233.

(下转第44页)

时,通常可以很快地通过试验判断其适用性。而在建筑业中要判断新的木质材料的耐候性可能要经过多年的观察。由于变化着的环境条件(温度、湿度、阳光、工业污染等)和制品的特殊复杂、多样性导致错综复杂而需要相当时间才能对其有所了解。相互作用,意想不到的结果是很普通的。费时间的试验不可避免地会延迟对采用新技术的决定。在林产品方面,关于新技术的重要资料积累缓慢并不仅限于建筑。类似的问题在纸浆及造纸方面也是常有的。要弄清象与新的制浆技术有关的能源消耗这样的基本问题可能需要多年的研究。1964年加拿大引入第一套生产新闻纸浆的加压精磨浆设备,遇到了白度等级的质量控制与精磨机操作问题。令人吃惊的是在几乎十年中,工业部门不能分清关于能耗的互相矛盾的说法。其中一种说法是,加压精磨浆的能耗远比传统的机械精磨浆低。这种说法最终被证明是错误的。

结论

几个关键因素影响在林产工业中技术改变的过程。可由本文得出的直截了当的政策建议是不明显的。在林产工业中积累与改进技术有关的资料比许多其它工业困难。FPL最近已受命在研究林产工业的某些特殊问题。而且由美国联邦政府的和大学的

木材利用方面的研究人员组成的工作网正致力于因有关实木加工方面认识的不同引起的许多问题。联邦政府和各州的木材利用专家通过帮助公司解决技术问题和促进反馈和传播有用的资料,这些资料来自工业的研究,在传播技术中发挥着重要作用。

研究和情报搜集应注意以下各点:1.追踪和评价其它工业中的发展,2.追踪在其它国家中的发展,3.重点放在技术改变的内涵,4.研究在林产工业中采用和推广新技术的经济性。

常有这样的印象,一项新的、技术上很先进的革新由于工业部门决策人的保守而被束之高阁。仔细观察这些被束之高阁的技术,常常会发现这些技术被搁置是由于明显的经济原因,预期的利润低。因此象其它工业部门一样,对林产工业而言,采用新技术的决定不可避免地是一种投资决策。因此,应当考察在这类决策中通常需考虑的经济因素,以便鉴别在采用林产品新技术中以前的决策正确与否,并指导未来的决策。

(摘译自Forest Products Journal, 40(10))

原文标题: Understanding the adoption of new technology in the forest products industry,

作者: Nathan Rosoobery等)

(上接第40页)

The optimum design for wood-based panels dividing

Wang Zhaowu Chen Gouren

(Nanjing Forestry University)

Abstract In this paper, the mathematical model of wood-based panels dividing is established by no-size representation matrix and size vector quantity matrix. By studying the technological requirements of wood-based panels dividing, the optimum objective function and constrain function for the dividing are established. With the purpose of the most low-production cost we divide the objective function from minimal waste material area. Being simply and usable, the method is available for use far and wide in furniture production.

Keywords Wood-based panels; Dividing diagram; No-size representation matrix; Size vector quantity matrix; Optimum design