

# 二维矩形零件排样算法的研究

蒋瑞斌, 刘 熠

(湖南生物机电职业技术学院, 湖南长沙 410082)

**摘要:** 分析对比了常用的二维矩形件排样算法各自的优缺点, 并在此基础上提出了一种新的改进算法, 该算法有效的消除了排样过程中产生的空洞, 结果表明比原有算法更加有效。

**关键词:** 遗传算法; 适应度函数; 排样

中图分类号: TH123 文献标识码: A 文章编号: 1009-9492 (2007) 01-0071-03

二维矩形件的排样问题是指将一系列尺寸大小不等的矩形零件在矩形板材中按最优方式进行排布, 要求零件排放在板材内, 各个零件互布重叠, 并满足一定的工艺要求。二维矩形件的排样是二维不规则零件排样的基础, 从理论上讲, 该类问题属于具有最高计算复杂性的优化计算问题: NP 完全问题。对于这类问题, 以目前计算理论和算法, 求解是相当困难的。遗传算法是近几十年来发展的一种借鉴生物界自然选择思想和自然遗传机制的全局随机搜索算法, 它把问题的可能解构成一个种群, 把每一个可能的解看成种群中的个体。运行时, 算法在整个解空间内随机搜索, 按一定的评估策略 (或适应度函数) 对每一个个体作出评价, 不断使用选择、交叉、变异这三种遗传算子, 使问题的解不断进化, 直至产生最优解。由于遗传算法在全局寻优等复杂问题上具有独特优越性, 很多学者把它运用到了排样问题上, 并在此基础上提出了多种算法。

## 1 编码的确定

用遗传算法求解问题, 必须先确定编码方法, 为了表示的方便, 一般采用了十进制码方式, 将每一矩形进行编号,  $i=1, 2, \dots, n$ , 零件编号构成一个整数串  $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $1 \leq p_i \leq n$ , 表示了一种排样图 (一个个体)。其中, 每一位整数代表一个矩形, 并且每一位整数可以有正负之分, 正号表示零件不发生旋转, 负号表示将零件旋转 90 度。这样, 一个整数串就是一个个体, 每一个体对应一种排样图;  $m$  个个体构成一个群体。

采用这种编码方式, 每一个矩形有横放、竖放两种形式, 在本文中规定横放为正, 竖放为负。对于图 1 所示排样图的编码可以表示为  $P=\{-1, 2, 3, 4, -5, -6, -7, 8\}$ 。

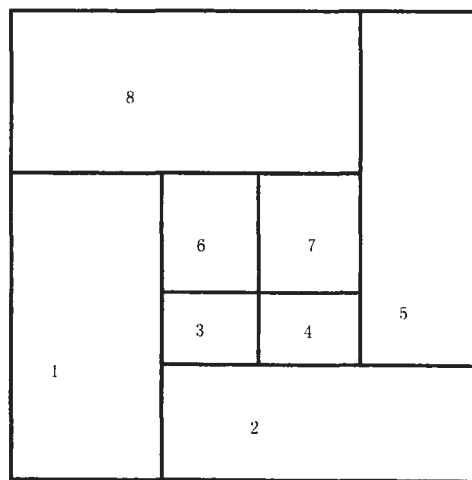


图 1 8 个矩形件构成的最优排样图

## 2 用遗传算法求解二维不规则零件排样的主要方法

“BL 算法”、“下台阶算法”、“最低水平线算法”都是国内外学者提出来的基于遗传算法的二维矩形件优化排样算法, 其中, “下台阶算法”是在“BL 算法”的基础上提出的改进, 而“最低水平线算法”则是在“下台阶算法”的基础上提出的改进。

由遗传算法产生一个个体的编码后, 必须能快速地求出其对应的排样图, 得到各个零件在板材上的排列位置信息或所选板材的参数 (长度、宽度、占用面积等), 然后根据该个体对应的排样图, 计算出适应度函数值, 并对该个体进行评价。

文献 [1] 基于“最左最下”原则, 提出了“BL 算法”, 具体步骤如下:

将  $P_1$  放在板材的左下角, 若  $P_1$  为负值, 则将其旋转 90 度后再排放, 求出排放后所占板材的最大高度;

将  $P_i$  ( $i=2, 3, \dots, n$ ) 置于板材右边最大高度处后, 交替着向下、向左移动  $P_i$ , 首先尽可能地向下移动, 然后再尽可能地向左移动, 直至  $P_i$  无法再向下向左移动为止 (即接触到其它零件或板材边界), 并求出此时的最大高度;

重复上述过程, 直至所有零件排放完毕, 最后所得的最大高度即为所需板材的高度。

文献 [2] 通过研究发现“BL 算法”对于某些排样图无法求解出最优化结果, 如图 1 所示的排样图显然是一个最优排样图, 但用“BL 算法”即使穷举所有的排列也无法求解出最优解。所以文献 [2] 在“BL 算法”的基础上进行了改进, 提出了“下台阶算法”, 具体步骤如下:

将零件  $P_1$  排在板材的左下角, 若为负值则将其旋转 90 度后再排放, 求出排放后所占板材的最大高度;

将  $P_i$  ( $i=2, 3, \dots, n$ ) 置于右边最大高度处, 向下向左移动, 且向下移动优先, 直至  $P_i$  无法向下向左移动为止 (即接触到其他零件或板材边界), 并求出此时的最大高度。

重复上述过程, 直至所有零件排放完毕, 最后所得最大高度即为所需板材长度。

文献 [3] 通过研究, 发现“BL 算法”除了前面所述的缺陷之外, 还容易出现左侧偏高的现象, 而“下台阶算法”则容易出现右侧偏高的现象, 所以在此基础上又提出了一种改进算法——最低水平线算法。具体排样过程如下。

设置初始最高轮廓线为板材的最下面的边。

每当要排入一个零件  $P_i$  就在最高轮廓线上集中选取最低的一段水平线, 如有数段, 则选取最左边的一段, 测试该段线的宽度是否大于或等于待排零件的宽度, 如果该段线的宽度大于要排入零件的宽度, 则将该零件在此位置排放, 同时更新零件最高轮廓线; 否则, 查询与最低水平线段相邻的左、右两段水平线, 将最低水平线提升至与之相邻且高度较低的一段平齐, 同时更新零件最高轮廓线。

重复第 2 步, 直至能排入该零件。

重复上述过程, 直至所有零件排放完毕。

### 3 空洞搜寻插入法

本文在认真研究了“最低水平线算法”之后, 认为该算法固然优于前两种算法, 但仍有不足之处。在“最低水平线算法”的第 2 步: 当最低水平线的宽度如果小于待排矩形的宽度时, 它采用的处理方法是最低水平线提升至与之相邻且高度较低的一段平齐, 同时更新零件最高轮廓线并重复该步骤直到能排下该矩形件。本文认为这样的处理会造成最低水平线

以上的部分浪费, 即在排样图中形成空洞。很显然, 如果能在这些空洞中排入其他还未排的矩形件就可以大大地提高板料的利用率。出于这种考虑, 本文在此算法的基础上提出了一种改进算法——空洞搜寻插入法。具体步骤如下。

设置初始最高轮廓线为板材的最下面的边。

每当要排入一个零件  $P_i$  就在最高轮廓线集中选取最低的一段水平线, 如有数段, 则选取最左边的一段, 测试该段线的宽度是否大于或等于要排零件的宽度: 如果该段线的宽度大于要排入零件的高度, 则将该零件在此位置排放, 同时更新零件最高轮廓线; 否则, 查询与最低水平线段相邻的左、右两段水平线, 将最低水平线提升至与之相邻且高度较低的一段平齐, 同时更新零件最高轮廓线。

将最低水平线提升后所形成的空洞视为一块新的板料, 从该零件所在位置起向后搜索一个宽度和高度都小于该空洞的矩形件, 如果没有则将最低水平线提升至与相邻的且高度较低的一段平齐, 更新零件最高轮廓线并重复第 2 步, 直至能排入该零件。

否则, 按最左最下的方式排入新搜寻到的这个矩形件, 并互换这两个零件在个体中的位置, 同时根据新排入的零件重新计算最低水平线;

重复上述过程, 直至所有零件排放完毕。

### 4 遗传算法的求解过程

#### (1) 初始种群

给定  $n$  个零件, 随机产生由  $m$  个编码构成的初始种群, 用“最低水平线法”计算每一个个体的适应度。

#### (2) 遗传算子

##### 交叉算子

将父辈群体中的个体随机两两配对, 进行交叉操作, 产生  $m$  个个体构成子辈群体。一般采用了两种交叉算子: 单点交叉和双点交叉。

##### 变异算子

对进行了交叉操作的子辈个体, 采用两种变异算子进行变异。变异包含两个方面: 一种是旋转变异, 即按照某个概率对矩形件进行横竖旋转; 另一种是位置变异, 即按照某个概率对矩形件排放的顺序进行交替。

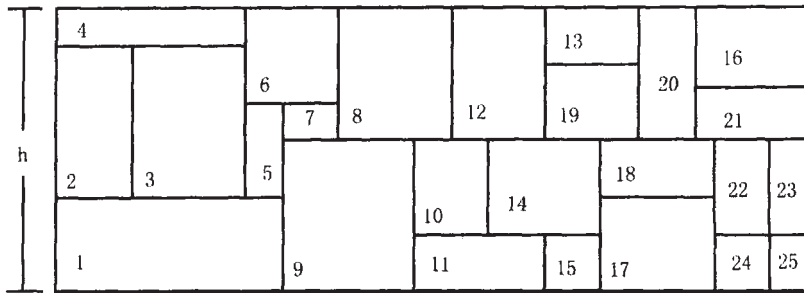


图 2 将一个 15×40 的大矩形分成 25 个小矩表

### 选择算子

用“空洞搜寻插入法”求变异后的  $m$  个子辈个体的适应度。将父辈个体与子辈个体的适应函数值由大到小排序, 取排在前面的  $m$  个个体作为下一代的父辈个体。

### (3) 终止准则

重复执行上述的 、 、 , 直到计算出来的解的适应度值达到要求或满足预定的进化代数, 则停止计算, 输出计算结果。

## 5 算例和结论

将一个  $15 \times 40$  的大矩形分成 25 个小矩形, 如图 2 所示。现以 40 为定宽、长度不限的板材为例, 求最小排样高度 (黑色粗实线代表排样起始边)。

用“最低水平线算法”, 在群体规模为  $m=20$  的情况下, 取交叉概率为 1, 单点交叉与双点交叉各占一半, 变异概率  $P_1=P_2=0.3$ , 100 代内终止时能达到 17, 2000 代终

止时得到的高度为 16。而用本文提出的“空洞搜寻插入法”在同样的群体规模、交叉概率、变异概率的情况下 100 代内就可以达到 16。由以上分析可以看出, “空洞搜寻插入法”的计算效率更高。

### 参考文献:

- [1] S.Jakobs. On genetic algorithms for the packing of polygons [J]. European Journal of Operational Research, 1996, 88: 165-181.
- [2] 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.
- [3] 贾志欣, 殷国富, 罗阳. 二维不规则零件排样问题的遗传算法求解 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 12 (5): 467-470.

第一作者简介: 蒋瑞斌, 男, 1973 年生, 湖南长沙人, 硕士研究生。研究领域: 机械工程。已发表论文 4 篇。 (编辑: 向 飞)

(上接第 47 页)

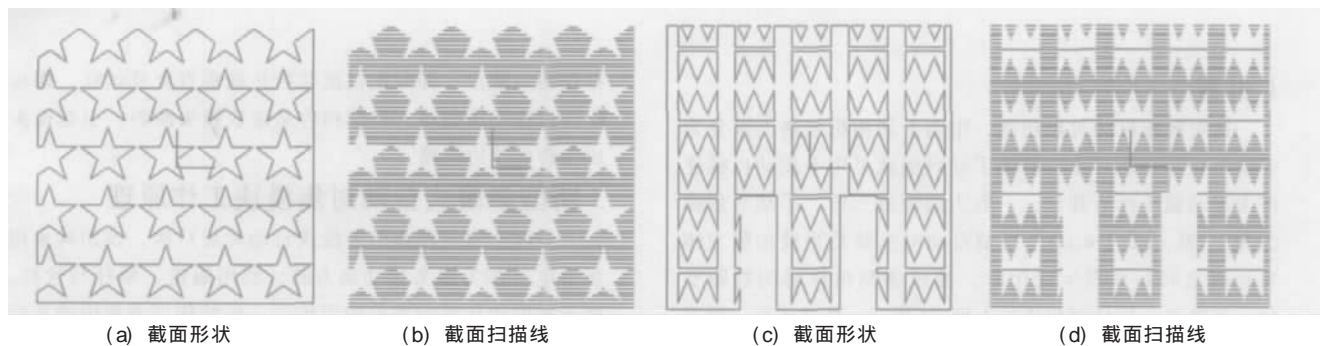


图 3 截面扫描线生成过程

### (5) 算法验证

图 3 所示是利用此种算法所生成的截面扫描线, 可以看出, 图 3 (a)、(c) 的截面形状都比较复杂, 生成扫描过程所涉及到的数据处理量也比较大, 但程序生成扫描线的过程相当快, 通过对大多数图形进行测试, 生成扫描线的过程都没有出现错误, 说明此种算法的通用性较强, 能够对大多数图形进行处理。此外, 在一个层面上采用 X、Y 方向交叉重复扫描可以使熔化后凝固的金属再次重熔凝固, 这样可以有效地减轻球化现象, 使熔化的金属更加均匀地分布在一个层面上, 提高了表面质量。

## 5 结论

在快速成型工艺中, 扫描方式的选择直接影响成型件的最终质量, 重复扫描和分区扫描相结合的路径生成算法简单明了, 其中扫描线与轮廓线交点数组的大小根据点数的多少采用动态分配内存的方式, 省去了在求到层面图形的所有极大、极小值点后再进行内存分配的操作, 因而进行比较的操作次数减少, 路径生成速度快。分区避免了长线扫描, 因而可以有效减小翘曲变形; 一个层面上重复扫描可以减小层间的内应力、减轻球化现象, 从而可以提高熔化层的表面质量。此外还可以添加一些附加的操作, 如在进行加工前先将基板进行预热, 加强首层与基板的粘结

程度; 还可以在每层内部扫描完毕后加边框扫描, 这样可以有效减少边界上翘。

### 参考文献:

- [1] Over C, Meiners W, Wissenbach K, et al. Rapid Manufacturing of metal parts and tools using laser melting [A]. Proceedings of the 2nd International WLT-Conference on Lasers in Manufacturing [C], Munchen, 2003.
- [2] Abbott D H, Arcella F G. Laser forming titanium components [J]. Advance Materials & Processes, 1998, 153 (5): 29-34.
- [3] Wohlers T. Rapid Prototyping: Current technology and future potential [J]. Rapid Prototyping Journal, 1995, 1 (1): 11-19.
- [4] 张庆茂. 送粉式激光熔覆层质量与工艺参数之间的关系 [J]. 焊接学报, 2001, 22 (4): 47-51.
- [5] 张延杰. SLS/HIP 技术用于钛的净成型加工 [J]. 稀有金属快报, 1999, 12 (5): 6-7.
- [6] Kozo OSAKADA, Masanori SHIOMI. Laser Prototyping [Z]. (2004) [2005-05-23].

第一作者简介: 许丽敏, 女, 1982 年生, 天津人, 硕士研究生。研究领域: 激光材料成型及合成技术。 (编辑: 向 飞)

007-01-58 Study of HVAF-ARC Spray NiCrTi Active Function Coat and Its Property

DONG Zhong-li<sup>1</sup>, LIN Jie-dong<sup>1</sup>, NIE Ming<sup>1</sup>, LI Shang-zhou<sup>2</sup>(1. Guangdong Power Test & Research Institute, Guangzhou510600, China; 2. Mechanical Engineering Institute South China University of Technology, Guangzhou510640, China)

Abstract: It is presents in this paper the technology of super-sonic arc spraying - High-Velocity Air-Fuel(HVAF-ARC) - manufactured NiCrTi alloy active-function coat. In order to test the property of this kind of alloy coat, phase experiment, SEM test, X-ray diffraction experiment and bonding strength experiment are applied to the samples. The results show that this kind of alloy coat has more advantages than the HVAF in the same lab condition.

Key words: arc; thermal spray; coat

007-01-61 Electromagnetic Eddy Brake Power Based on TCA785 Moving Phase Position and Trigger

WANG Xing-gui, GUO Yong-ji(Lanzhou University of Technology, Lanzhou730050, China)

Abstract: This paper introduces the main functions and its application approach of integrated trigger TCA785. This trigger has been used in electromagnetic eddy brake power. The hardware circuit is simple, and its strong reliance and good results are obtained.

Key words: TCA785 moving phase position and trigger; three-phase bridge rectification circuit; double narrow pulse

007-01-64 Analysis of the Difference and Relation of Safety Assessment Standard of Two Grounding Systems

LIU Yan, DING Dai-yong (School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu61003, China)

Abstract: Safety assessment of grounding systems is a testing that the actual maximum touch and step voltages are computed and compared to the maximum allowable (safe) touch and step voltages. IEEE Std 80-1986 and IEC-479-1 are defined the standard of safety assessment of grounding systems. Both standards define safety criteria in terms of allowable body current. The allowable body current is then translated into the allowable touch and step voltages. The paper compares actual touch and step voltages with the standard values which are computed by IEEE Std 80-1986 and IEC-479-1. By means of an example, the conclusion is derived that the IEC-479-1 is more conservative than the IEEE Std 80-1986. We will get reasonable result if we combine IEEE Std 80-1986 with IEC-479-1.

Key words: Safety Assessment; touch voltage; step voltage

007-01-67 The Control of Fischertechnik Robot Based on VB6.0

SHEN Yi (Huaiyin Institute of Technology, Huaian223001, China)

Abstract: The MSComm Control of VB is applied to programmed in this paper, the status signal sent from Fischertechnik intelligent interface board is tested through reading the serial

port, the movement of robot is controlled through writing the serial port, then the robot can be controlled directly without the Fischertechnik software LLWin.

Key words: MSComm control; Fischertechnik; interface board; serial communication

007-01-69 Design of SPWM Wave Generator Based on DSP  
QU Cheng-ming, CHEN Jin, JIANG Ming, Zhou Jun(Anhui University of Technology and Science, Wuhu241000, China)

Abstract: This paper mainly discusses the theory of the SPWM and the sampling method of the symmetry principle, and introduces the method which produces SPWM waveform by a series of DSP- TMS320F2407. Being efficient and succinct, it can also strengthen the real-time character and simplify the design of the hardware circuit. The design meets certain control accuracy and real-time control demands by applying table-consulting and on-line calculation. Experiment result proves the validity of the design.

Key words: generator; SPWM; DSP

007-01-71 An Improved Study on the Way of Rectangle Layout

JIANG Rui-bin, LIU Yi(Hunan Biological and Eletromechanical Polytechnic, Changsha410082, China)

Abstract: This article introduces kinds of arithmetic for layout of two dimension rectangle, points out the defect of them, and an improved arithmetic is put forth to eliminate the hole of layout picture, which is proved more effective by the result.

Key words: genetic algorithm; fitness function; layout

007-01-76 Dynamic Deformation Analysis of Hollow Spherical Rotor in Electrostatic Suspended Gyroscope

LIU Rui-ge<sup>1</sup>, SONG Feng<sup>1</sup>, LIU Rui-ying<sup>2</sup>(1. Department of Automation, Binzhou College, Binzhou256603, China; 2. Agricultural university of Hebei, Baoding071001, China)

Abstract: This article uses the finite element analysis software to carry on the computation and the distortion simulation of centrifugal distortion to the electrostatic gyro hollow sphere rotor, at the same time considers the processing error creates not the asymmetrical rotor centrifugal distortion. It discusses the dynamic distortion of different structure and the influence to the spherical error, and proposes the measure to reduce and compensate the spherical error.

Key words: electrostatic suspended gyroscope; hollow spherical rotor; dynamic distortion

007-01-78 Study Predicate Logic Used in Design PLC Ladder Diagram

ZHANG Shao-ming, ZHOU Ming-zhen(Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou510800, China)

Abstract: This paper analyzes the example of design PLC ladder diagram by predicate logic method, and illuminates relative merits. This method can do well with design complex PLC ladder