

[经营·管理]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2023.06.014

考虑碳排放约束的加工中心布局优化

王帮俊, 孙宇浩*

(中国矿业大学 经济管理学院, 江苏 徐州 221116)

摘 要:为解决加工中心布局与经济、环境效益之间的匹配问题,笔者在系统布置设计(system layout planning, SLP)方法基础上,对加工中心的物流和非物流相互关系进行了系统分析。考虑碳排放约束对布局的影响,建立了基于搬运成本和碳排放成本最小化、非物流关系以及面积利用率最大化的多目标优化模型;分别应用 SLP 和遗传-和声算法(genetic algorithm-harmony search, GA-HS)对实际中的加工中心作业区域布局进行优化;最后对 2 个方案的优化效果进行对比。结果显示:GA-HS 布局方案与传统 SLP 布局方案相比,物料搬运及碳排放成本共节约了 29.6%;面积利用率与非物流关系上 GA-HS 布局方案分别提高了 16.2% 和 2.5%。该研究有效解决了考虑碳排放约束下的加工中心布局优化问题。

关 键 词:加工中心;布局优化;系统布置设计;遗传-和声算法;碳排放约束

中图分类号:TB491;TH181

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2023)06-0093-08

Optimization of Machining Center Layout Considering Carbon Emission Constraints

WANG Bangjun, SUN Yuhao*

(School of Economics and Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

Abstract: To solve the matching problem between the layout of processing centers and economic and environmental benefits, a systematic analysis was conducted on the relationship between logistics and non-logistics of processing centers based on the system layout design (SLP) method. Considering the impact of carbon emission constraints on layout, a multi-objective optimization model was established based on minimizing transportation and carbon emission costs, non-logistics relationships, and maximizing area utilization. The layout of the actual machining center operation area in practice was optimized by applying SLP and genetic algorithm harmony search (GA-HS) respectively. Finally the optimization effects of the two schemes was compared. The results show that compared with the traditional SLP layout scheme, the GA-HS layout scheme saves 29.6% in material handling costs and carbon emission costs; the area utilization rate and non-logistics relationship increased by 16.2% and 2.5% respectively. The study effectively solving the optimization problem of machining center layout considering carbon emission constraints.

Keywords: machining center; layout optimization; SLP (System Layout Planning); GA-HS (Genetic Algorithm-Harmony Search); carbon emission constraints

随着经济发展水平的提高,人们对各种产品的需求日益增长^[1]。为满足消费者的及时性和新鲜度消费需求,企业一方面需要降低运输过程中的时间损耗^[2],另一方面则需要从车间布局的角度降低货损比率^[3]。系统布置设计(system layout planning, SLP)是

研究如何按照一定的原则,在给定的生产区域空间内,合理组织和安排生产系统所需的各种资源,力求实现最优的设计目标^[4]。研究表明良好的车间布局可以为企业增收 10% ~ 30% 的利润^[5],对于加工中心而言,增收更为可观^[6]。

收稿日期:2023-06-21;修回日期:2023-09-15

基金项目:中国物流学会课题(2023CSLKT3-044)。

第一作者简介:王帮俊(1975),男,安徽巢湖人,教授,博士生导师,主要研究方向为物流和生产系统优化。通信作者:孙宇浩(1997),山东烟台人,硕士,主要研究方向为车间布局优化。E-mail:TS22070334P21TY@cumt.edu.cn

SLP 已被证明是非确定性多项式问题 (non-deterministic polynomial-hard, NP-hard)^[7], 为此有学者采用粒子群算法^[8]和模拟退火算法^[9]解决车间布局优化问题。JIANG 等^[10]提出了一种用于实时现场设施布局规划的新工厂规划系统, 该方法增强了布局过程中的现实可视化。TAN 等^[11]应用程序和算法, 基于虚拟现实和增强现实解决设施布局规划的问题。李虹^[12]针对系统布局设计方法中人工计算工作量大、易受布局决策者主观因素影响等缺点, 提出了一种基于改进回溯搜索优化算法的设施布局优化设计方法。耿庆桥等^[13]在考虑碳排放影响基础上, 提出一种结合拓展环境负荷模型与系统布局规划理论的物流园区布局优化方法, 以探索物流园区碳排放的景观影响机制。郑广辉等^[14]以最小化物料搬运成本、最大化车间利用面积为目标函数, 采用基于 SLP 的遗传和声算法对复兴号核心部件生产车间进行布局优化, 实现了布局方案的快速迭代和精确计算。

在考虑运输成本、非物流密切程度和面积利用率对布局的影响外, 笔者提出将运输过程中的碳排放成本考虑到其中, 在此基础上建立由 4 个单目标函数组成的多目标规划函数, 利用遗传-和声算法 (genetic algorithm-harmony search algorithm, GA-HS) 对目标函数进行求解, 得到最优的布局方案。将最优方案与 SLP 布局方案下的搬运成本、碳排放成本、面积利用率以及非物流关系进行对比, 验证了 GA-HS 算法能更准确地获得较优的布局方案, 证明了考虑碳排放成本时更符合实际情况。

1 数学模型

1.1 问题描述及模型假设

根据产品的加工流程, 加工中心的待加工品在多个加工区域间流转, 由于各作业区域面积形状各不相同, 为便于研究, 作出如下假设:

- 1) 将各加工区域视为形状规则的矩形;
- 2) 加工中心内的物流沿水平或者竖直方向运输;
- 3) 各作业区域间的单位运输成本及单位碳排放成本相同;
- 4) 作业区域与 x 轴及 y 轴平行。

基于以上假设, 建立加工中心加工区域布局模型

如图 1 所示。

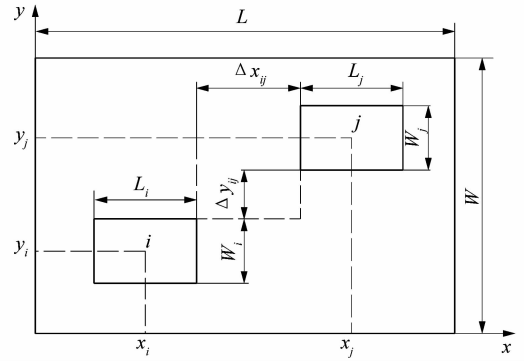


图 1 功能区示意

Figure 1 Functional area schematic

图 1 中: L 为加工中心的长度; W 为加工中心的宽度; L_i 和 L_j 分别为加工区 i 和 j 的长度; W_i 和 W_j 分别为加工区 i 和 j 的宽度; x_i 和 x_j 分别为加工区 i 和 j 中心点到纵坐标轴的水平距离; y_i 和 y_j 分别为加工区 i 和 j 中心点到横坐标轴的垂直距离; Δx_{ij} 为加工区 i 边界到加工区 j 边界的最短水平距离; Δy_{ij} 为加工区 i 边界到加工区 j 边界的最短竖直距离。

1.2 目标函数

综合考虑加工中心的实际需求, 以加工中心运输总成本最小、碳排放成本最小、面积利用率最大和非物流密切程度最大建立多目标函数。

$$\min C_1 = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m f_{ij} d_{ij} C_{ij} \quad (1)$$

式中: C_1 为运输总成本; f_{ij} 为加工区 i 和 j 之间的货物搬运量; d_{ij} 为加工区 i 和 j 的运输距离, 距离计算方法采用曼哈顿距离计算方法, 则 $d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$; C_{ij} 为加工区 i 和 j 之间的单位搬运成本。

$$\min C_2 = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m f_{ij} d_{ij} T_{ij} \quad (2)$$

式中: C_2 为碳排放成本, T_{ij} 为加工区 i 和 j 之间的单位碳排放成本。

$$\min S = \frac{\sum_{i=1}^m L_i W_i}{LW} \quad (3)$$

式中 S 为土地面积利用率。

$$\max D = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m e_{ij} r_{ij} \quad (4)$$

式中: D 为加工区非物流密切程度, e_{ij} 为加工区 i 与 j 之

间的邻接关联度, r_{ij} 为作业单位 i 与 j 之间的非物流关系值。

其中, e_{ij} 根据 Lee 等^[15] 的距离与关联度表取得, 详见表 1。

表 1 距离与关联度关系

Table 1 Relationship between distance and correlation

d_{ij}/m	e_{ij}
$0 < d_{ij} \leq (d_{\max}/6)$	1.0
$(d_{\max}/6) < d_{ij} \leq (d_{\max}/3)$	0.8
$(d_{\max}/3) < d_{ij} \leq (d_{\max}/2)$	0.6
$(d_{\max}/2) < d_{ij} \leq (2d_{\max}/3)$	0.4
$(2d_{\max}/3) < d_{ij} \leq (5d_{\max}/6)$	0.2
$(5d_{\max}/6) < d_{ij} \leq d_{\max}$	0.0

为简化计算, 将多目标函数模型转换成单目标函数: 为式(1)、式(2)、式(3) 和式(4) 分别赋予合理的权重 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ 和 ω_4 , 且 $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 = 1$; 为统一量纲, 引入归一化因子 u_1, u_2 和 u_3 。

得到的单目标函数为:

$$\min Z = \mu_1 \omega_1 \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m f_{ij} d_{ij} C_{ij} + \mu_2 \omega_2 \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m f_{ij} d_{ij} T_{ij} - \omega_3 \frac{\sum_i L_i W_i}{LW} + \mu_3 \omega_4 \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m e_{ij} r_{ij} \circ \quad (5)$$

归一化因子分别表示为:

$$\mu_1 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m f_{ij} d_{\max} C_{ij}}; \quad (6)$$

$$\mu_2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m f_{ij} d_{\max} T_{ij}}; \quad (7)$$

$$\mu_3 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m r_{ij}} \circ \quad (8)$$

1.3 约束条件

$$x_i + \frac{L_i}{2} \leq L; \quad (9)$$

$$y_i + \frac{W_i}{2} \leq W. \quad (10)$$

加工中心边界约束, 确保各加工区长度和宽度不超过加工中心长度和宽度要求。

$$|x_i - x_j| \geq \frac{L_i + L_j}{2} + \Delta x_{ij}; \quad (11)$$

$$|y_i - y_j| \geq \frac{W_i + W_j}{2} + \Delta y_{ij} \circ \quad (12)$$

加工区域间位置约束, 确保各个加工区在选定位置上不能出现重叠情况, 同时留有最小安全距离。

2 GA-HS 算法设计

在 SLP 求解的基础上, 将得到的物流强度和非物流关系以矩阵形式代入算法中进行计算。以 SLP 法的初始布局方案作为算法的初始种群, 达到全局快速寻优的目的, 实现过程如图 2 所示。

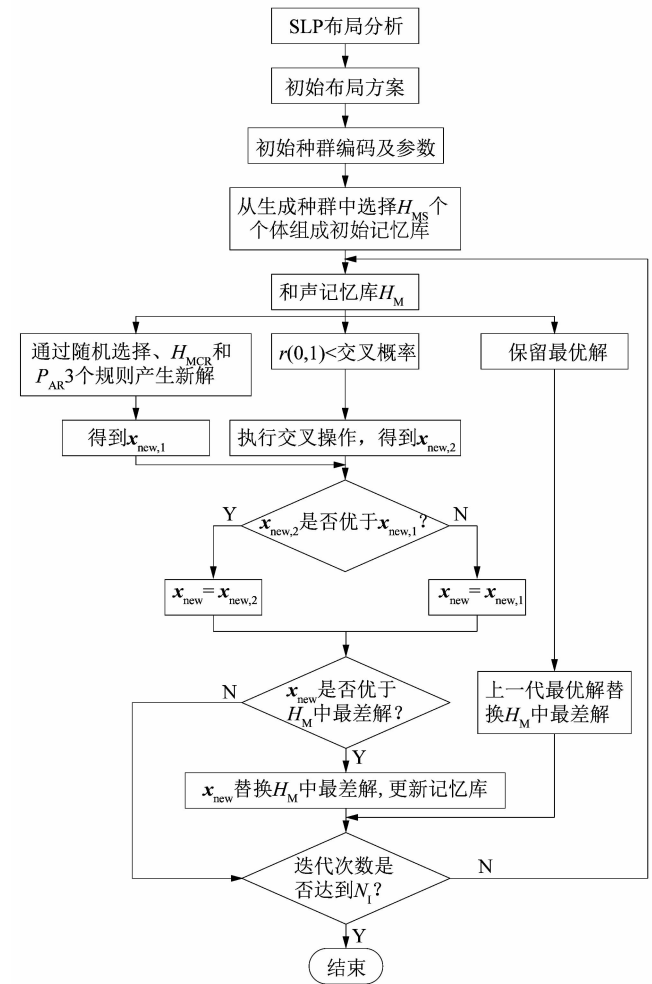


图 2 遗传-和声算法流程图

Figure 2 Flow chart of genetic algorithm-harmony search algorithm

图 2 中: r 是 $(0, 1)$ 区间内的随机数; $x_{\text{new},1}$ 是利用和声搜索算法中的随机选择、 H_{MCR} 和 P_{AR} 3 个规则产生的新解; $x_{\text{new},2}$ 是利用遗传算法中的交叉操作产生另一个新解; x_{new} 是 $x_{\text{new},1}$ 和 $x_{\text{new},2}$ 比较后, 二者中较优的一

个解向量。

2.1 编码

加工中心中每一个加工区分别对应一个编号,在约束条件下根据加工区编号顺序进行排序产生的一组解,即为一个新的布局方案。编码方式为: $[(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)]$ 。其中, (x_i, y_i) 代表加工区 i 中心点的坐标。

2.2 初始化

2.2.1 参数初始化

算法参数包括:和声库的大小 H_{MS} 、随机生成新解概率 H_{MCR} 、微调概率 P_{AR} 、最大迭代次数 N_1 和种群规模 M 。

2.2.2 和声库初始化

$$H_M = \begin{bmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ \vdots \\ x^H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^1 x_2^1 \cdots x_N^1 f(x^1) \\ x_1^2 x_2^2 \cdots x_N^2 f(x^2) \\ x_1^3 x_2^3 \cdots x_N^3 f(x^3) \\ \vdots \\ x_1^H x_2^H \cdots x_N^H f(x^H) \end{bmatrix} \quad (13)$$

和声搜索算法是一个 $H \times (N+1)$ 的矩阵,每个解向量都包含该解向量的目标函数的解。如式(13)所示,矩阵初始化时,随机产生了矩阵的解向量。

2.2.3 种群初始化

初始种群的分布状态对算法的全局收敛性与搜索效率有直接的影响^[16],以传统 SLP 计算后得到的初始布局方案作为初始编码,在此基础上随机产生其他编码。

2.3 适应度函数

采取目标函数的倒数作为适应度函数,即目标函数值与适应度函数值成反比例关系,目标函数值越小,适应度函数值越大,解越容易被保留。第 k 条染色体的适应度函数为:

$$\text{Eval}(v_k) = \frac{1}{\min Z_k} \quad (14)$$

式中: v_k 为第 k 组解, $\min Z_k$ 为第 k 组解下的目标函数值。

2.4 选择策略

采用择优选择策略,根据适应度大小,判断新解是否比和声库中最差的解更好,并选择新解替换最差的

解,然后更新和声库、记录最美的和声。

2.5 交叉和变异操作

通过交叉操作让父代优秀的基因保留下来,遗传给子代,选择用单点交叉进行交叉操作,最大程度减小破坏优秀个体性状和降低个体适应度的可能性。将交叉得到的染色体以一定概率交换染色体上第 i 和 j 位个体:

1) 变异前

$i, 1, 2, 3, 4, 5, 6, j$ 。

2) 变异后

$j, 1, 2, 3, 4, 5, 6, i$ 。

2.6 产生新的和声及更新和声库

产生的新解即为新的和声,判断新解是否为和声记忆库 H_M 内的最差解。是,则将新的解替换最差解,得到新的和声记忆库;否,则继续迭代,直至达到最大迭代次数 N_1 。

3 实例验证

3.1 案例概况

某农业科技有限公司是农副产品销售及物流配送为一体的综合性绿色农业科技企业(下文简称 G 公司)。根据 G 公司加工中心的生产状况,按照功能相似性原则划分出作业单位,将其划分为 16 个区域,分别为卸货区、检验区、设备区、分拣区、粗加工区、精加工区、暂存区、易存储区、一般存储区、不易存储区、废料回收区、半成品区、外包装区、包装材料区、发货区和办公区,该加工中心占地面积 2 352 m²,各作业单位面积如表 2 所示。

表 2 各作业单位面积

Table 2 Area of each operation unit

序号	区域名称	面积/m ²	序号	区域名称	面积/m ²
1	卸货区	40.0	9	半成品区	36.0
2	检验区	40.0	10	外包装区	54.0
3	设备区	80.0	11	包装材料区	64.0
4	分拣区	112.0	12	不易存储区	72.0
5	粗加工区	31.5	13	一般存储区	120.0
6	精加工区	64.0	14	易存储区	48.0
7	暂存区	64.0	15	发货区	50.0
8	废料回收区	91.0	16	办公区	50.0

3.2 SLP 分析

3.2.1 物流分析

根据该加工中心的生产工艺,计算出各加工区域间工艺路线及物流量关系表,为方便表示,用编号 1 ~ 16 代替各区域名称。工艺路线及物流量如表 3 所示。

各作业单位间距离如表 4 所示。

在表 3 和表 4 基础上,计算出作业单位间的物流强度,物流强度等级按物流路线比例或承担的物流量比例确定,如表 5 所示。

表 3 工艺路线及物流量

Table 3 Process route and logistics volume

工艺路线	物流量/kg	工艺路线	物流量/kg
1-2-4-3-5	2 000	6-8	150
5-3	50	7-12-15	1 000
5-6	1 900	7-13-15	250
5-8	100	7-14-15	500
6-9-10-7	1 750	3-11-10	100

表 4 各作业单位间距离

Table 4 Distance between each work unit

作业区 序号	d_{ij}/m															
	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$	$j=7$	$j=8$	$j=9$	$j=10$	$j=11$	$j=12$	$j=13$	$j=14$	$j=15$	$j=16$
$i=1$	0.0	15.5	31.0	18.0	28.0	39.0	8.5	18.0	22.0	26.5	50.0	37.5	19.5	17.0	10.5	35.5
$i=2$	15.5	0.0	15.5	33.5	43.5	23.5	24.0	33.5	10.5	25.0	34.5	22.0	17.0	32.5	5.0	20.0
$i=3$	31.0	15.5	0.0	48.0	58.0	8.0	38.5	48.0	25.0	39.5	19.0	14.5	32.5	48.0	20.5	30.5
$i=4$	18.0	33.5	48.0	0.0	10.0	48.0	16.5	26.0	31.0	35.5	59.0	55.5	37.5	22.0	28.5	44.5
$i=5$	28.0	43.5	58.0	10.0	0.0	50.0	19.5	16.0	33.0	25.5	49.0	65.5	47.5	32.0	38.5	34.5
$i=6$	39.0	23.5	8.0	48.0	50.0	0.0	31.5	40.0	17.0	31.5	11.0	22.5	40.5	56.0	28.5	22.5
$i=7$	8.5	24.0	38.5	16.5	19.5	31.5	0.0	9.5	14.5	19.0	42.5	46.0	28.0	24.5	19.0	28.0
$i=8$	18.0	33.5	48.0	26.0	16.0	40.0	9.5	0.0	23.0	9.5	33.0	55.5	37.5	34.0	28.5	18.5
$i=9$	22.0	10.5	25.0	31.0	33.0	17.0	14.5	23.0	0.0	14.5	28.0	32.5	23.5	39.0	11.5	13.5
$i=10$	26.5	25.0	39.5	35.5	25.5	31.5	19.0	9.5	14.5	0.0	23.5	47.0	29.0	43.5	20.0	9.0
$i=11$	50.0	34.5	19.0	59.0	49.0	11.0	42.5	33.0	28.0	23.5	0.0	33.5	51.5	67.0	39.5	14.5
$i=12$	37.5	22.0	14.5	55.5	65.5	22.5	46.0	55.5	32.5	47.0	33.5	0.0	18.0	33.5	27.0	38.0
$i=13$	19.5	17.0	32.5	37.5	47.5	40.5	28.0	37.5	23.5	29.0	51.5	18.0	0.0	15.5	12.0	37.0
$i=14$	17.0	32.5	48.0	22.0	32.0	56.0	24.5	34.0	39.0	43.5	67.0	33.5	15.5	0.0	27.5	52.5
$i=15$	10.5	5.0	20.5	28.5	38.5	28.5	19.0	28.5	11.5	20.0	39.5	27.0	12.0	27.5	0.0	25.0
$i=16$	35.5	20.0	30.5	44.5	34.5	22.5	28.0	18.5	13.5	9.0	14.5	38.0	37.0	52.5	25.0	0.0

表 5 物流强度等级划分

Table 5 Classification of logistics intensity levels

物流强度等级	符号	物流路线比例/%	承担物流量比例/%
超高	A	10	40
特高	E	20	30
较大	I	30	20
一般	O	40	10
可忽略	U		

将所获得的等级带入物流关系图,如图 3 所示。

3.2.2 非物流分析

根据 G 公司的生产特点,制定出作业单位间关系等级的理由,如表 6 所示。

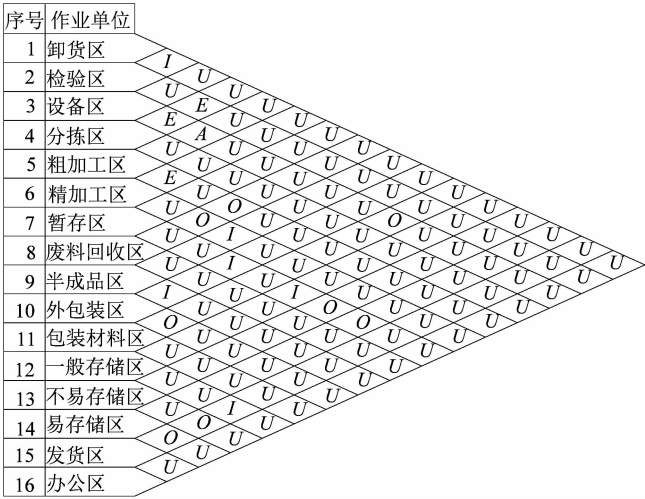


图 3 物流关系

Figure 3 Logistics relationship

表6 非物流关系影响因素

Table 6 Factors affecting non logistics relationships

编号	关系等级的理由	编号	关系等级的理由
I	工作流程的连续性	V	安全与污染
II	生产服务	VI	公用设备及辅助动力源
III	物料搬运	VII	震动
IV	管理方便	VIII	人员联系

作业单位间相互关系等级比例划分如表7所示。

表7 作业单位间相互关系等级比例划分

Table 7 Classification of level ratio of interrelationships between each work unit

符号	含义	比例/%
A	绝对重要	(2~5)
E	特别重要	(3~10)
I	重要	(5~15)
O	一般密切程度	(10~25)
U	不重要	(45~80)
X	负的密切程度	酌情而定

将所获得的等级带入非物流关系图,如图4所示。

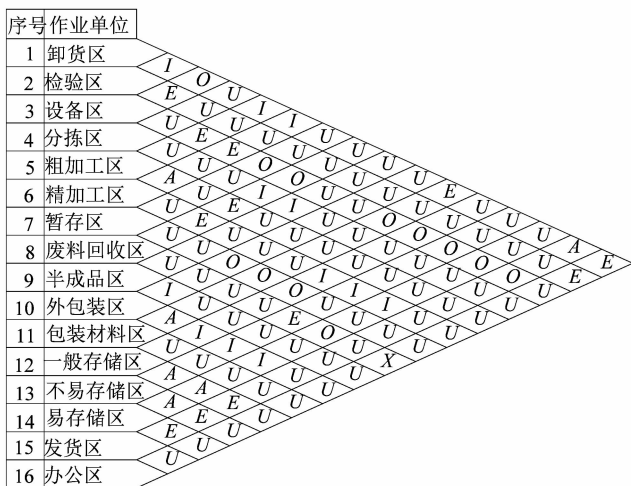


图4 非物流关系

Figure 4 Non-logistics relationship diagram

3.2.3 综合相互关系

通过为等级赋值,量化物流强度等级和非物流强度等级, $A=4, E=3, I=2, O=1, U=0, X=-1$,物流相互等级量化后为 $R_{ij,M}$,非物流相互等级量化后为 $R_{ij,N}$ 。对于加工中心而言,物流因素影响并不明显大于其他

因素影响,故将物流与非物流相互关系的比值取 $a:b=1:1$,则有:

$$R_{ij,T} = aR_{ij,M} + bR_{ij,N} \quad (15)$$

由式(15)计算出量化后的综合相互关系值 $R_{ij,T}$,根据综合相互关系等级划分表,划分出作业单位间的综合相互关系等级如表8所示。

表8 综合相互关系等级划分

Table 8 Comprehensive interrelationship ranking

符号	赋值	符号	赋值
A	7~8	O	1
E	4~6	U	0
I	2~3	X	-1

作业单位间的综合相互关系如图5所示。

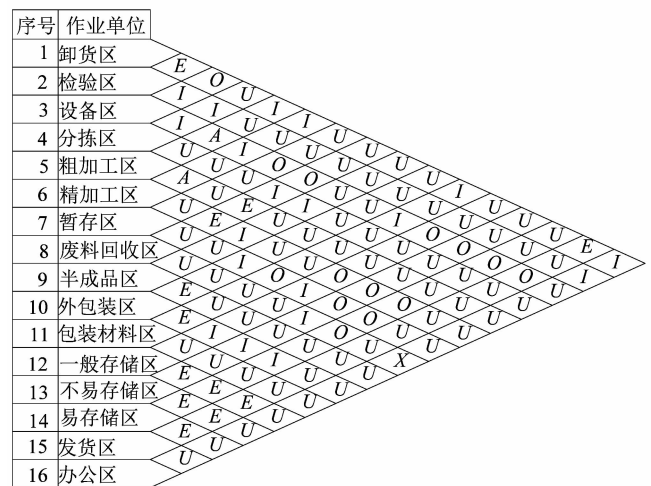


图5 综合相互关系

Figure 5 Comprehensive interrelationship diagram

3.2.4 SLP 初始布局

通过 SLP 方案得到 D 公司加工中心初始布局,如图6所示。

3.3 优化过程和参数分析

本案例综合考虑到运输成本、碳排放成本、占地面积和非物流密切程度4方面影响因素,在目标函数中,设定权重系数分别为 $\omega_1=0.30, \omega_2=0.30, \omega_3=0.30, \omega_4=0.10$ 。单位搬运成本 C_{ij} 为0.030元/(kg·m),单位碳排放成本 T_{ij} 为0.015元/(kg·m)。以SLP得到的加工中心布局结果作为初始种群,设定和声库大小 H_{MS} 为4,随机生成新解概率 H_{MCR} 为0.2,微调概率

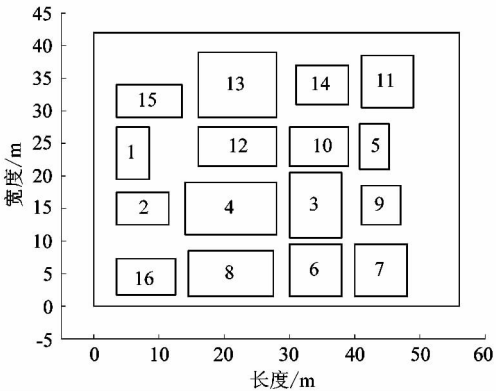


图 6 SLP 方案布局

Figure 6 SLP scheme layout

P_{AR} 为 0.2, 设置最大迭代次数 N_1 为 1 000, 为了避免出现偶然误差, 做 50 次随机仿真, 得到最优解:

[13, 14, 10, 4, 5, 9, 8, 11, 15, 16, 12, 7, 3, 2, 1, 6]。

MATLAB 中导出的最优解的位置坐标分别为:

[(8.0, 8.0), (22.0, 8.0), (33.0, 7.5), (46.0, 7.0), (38.0, 16.0), (51.0, 16.0), (8.5, 18.0), (21.0, 21.0), (32.0, 24.0), (43.0, 24.5), (8.0, 31.0), (20.0, 34.0), (30.0, 34.0), (40.0, 35.0), (51.5, 24.5), (50.0, 35.0)]。

最优解与位置坐标一一对应, 最终最优布局即 GA-HS 方案布局, 如图 7 所示。

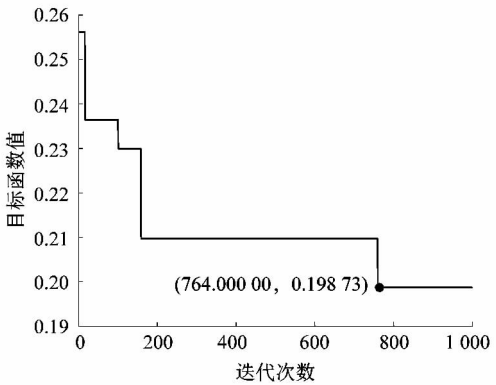


图 7 GA-HS 方案布局

Figure 7 GA-HS scheme layout

适应度进化曲线如图 8 所示。图 8 中, 当迭代至 919 代时, 目标函数取得最小值为 -1.09。

为验证所建模型的有效型, 将取得最优解下的 SLP 方案和 GA-HS 方案的 4 个单目标函数值进行对

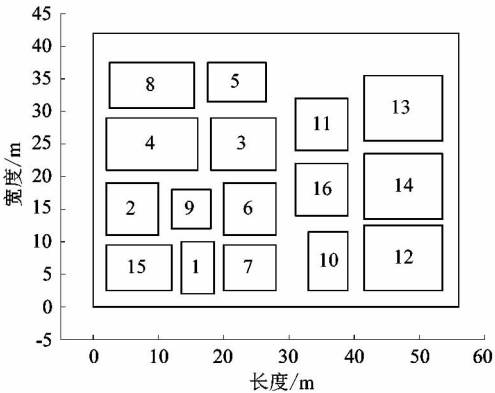


图 8 适应度进化曲线

Figure 8 Fitness evolution curve

比, 方案对比结果见表 9。

表 9 方案对比

Table 9 Comparison of schemes

方案名称	搬运	碳排放	面积利	非物流
	成本/元	成本/元	用率/%	关系
SLP	18 513.8	9 256.9	43.2	70.6
GA-HS	13 035.0	6 517.5	59.4	72.4
优化效果	5 478.8	2 739.4	16.2	1.8

由表 9 可知: GA-HS 布局方案与 SLP 布局方案相比, 物料搬运成本节约了 5 478.8 元, 碳排放成本减少了 2 739.4 元, 比 SLP 布局方案节约了 29.6%; 面积利用率与非物流关系分别优化了 16.2% 和 2.5%。进一步验证了考虑碳排放成本下模型的经济性和可行性。同时, 可以看出基于 SLP 的 GA-HS 算法可以使得车间布局物流搬运成本更低, 面积利用率更大, 非物流关系更高。

4 结论

针对加工中心的布局问题, 考虑到碳排放成本对布局的影响, 笔者建立多目标规划函数, 利用遗传-和声算法对目标函数进行求解, 通过实例验证了模型的可行性。结论如下:

1) 针对加工中心布局与经济效益、环境效益不匹配的问题, 考虑到碳排放对未来生产、运输环节的重要影响作用, 在原有模型的基础上, 增加了考虑碳排放成本的约束条件, 使得现有模型更加符合现实情况, 具有一定的现实意义。

2) 以某农业科技有限公司加工中心为例, 分别利

用 SLP 和 GA-HS 算法对加工中心布局进行求解,将 GA-HS 方案与 SLP 布局方案下的搬运成本、碳排放成本以及非物流关系进行对比,发现 GA-HS 方案均有较好的优化效果,验证了考虑碳排放情况下模型的有效性,为制造企业新建或改扩建生产车间提供了布局设计依据。

3) 仅考虑一般货物加工中心的布局问题,未考虑到易碎、易腐产品加工中心的布局情况,未来的研究可针对上述布局情况,将更多的约束条件考虑其中,如货损率、产品新鲜度等,使得理论研究更加贴近现实。

参考文献:

- [1] 帅传敏,张钰坤.中国消费者低碳产品支付意愿的差异分析:基于碳标签的情景实验数据[J].中国软科学,2013(7):61-70.
- [2] 马祖军,王一然.考虑生鲜农产品“最先一公里”损耗的预冷站布局优化[J/OL].中国管理科学:1-11[2023-06-26].<https://link.cnki.net/doi/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.2618>.
- [3] 李春雨,李长淮,王言.铁路冷链物流基地设施布局优化设计研究[J].铁道运输与经济,2020,42(9):57-62.
- [4] 葛华辉,冯毅雄,密尚华,等.集成自动导引车路径规划的智能制造数字化车间设备布局优化方法[J].计算机集成制造系统,2019,25(7):1655-1664.
- [5] BRAGLIA M, ZANONI S, ZAVANELLA L. Layout design in dynamic environments: strategies and quantitative indices [J]. International Journal of Production Research, 2003, 41(5):995-1016.
- [6] 朱明,沈瑾,孙洁,等.中国农产品产地加工产业布局分析及发展对策[J].农业工程学报,2012,28(1):1-6.
- [7] 邢彩虹,刘刚,胡晓兵,等.基于 SLP 改进遗传算法的多区域单双行设备布局优化方法[J].四川大学学报(自然科学版),2022,59(5):64-72.
- [8] 郭源源,王谦,梁峰.基于粒子群优化算法的车间布局设计[J].计算机集成制造系统,2012,18(11):2476-2484.
- [9] 彭勃扬,王家海,沈斌.基于优化模拟退火算法的航天薄壁结构件车间布局优化[J].制造业自动化,2019,41(7):82-84.
- [10] JIANG S, NEE A Y C. A novel facility layout planning and optimization methodology [J]. CIRP Annals, 2013, 62(1):483-486.
- [11] TAN C H, YAP H J, MUSA S N, et al. Augmented reality assisted facility layout digitization and planning [J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2021, 35(9):4115-4123.
- [12] 李虹.基于 IBSA 的高校图书馆布局优化设计[J].计算机应用与软件,2022,39(4):124-32.
- [13] 耿庆桥,贾元华,吴江,等.考虑碳排放影响的物流园区布局优化研究[J].北京交通大学学报,2023,47(1):115-125.
- [14] 郑广辉,钱叶昶,刘鹏,等.基于遗传和声算法的复兴号部件生产车间布局研究[J].机床与液压,2023,51(4):57-62.
- [15] LEE K Y, ROH M I, JEONG H S. An improved genetic algorithm for multi-floor facility layout problems having inner structure walls and passages [J]. Computers & Operations Research, 2005, 32(4):881-884.
- [16] 邓兵,林光春.改进 SLP 和遗传算法结合的车间设备布局优化[J].组合机床与自动化加工技术,2017(8):148.

《轻工机械》2024 年征订启事

《轻工机械》杂志(刊号:CN 33-1180/TH, ISSN 1005-2895),创刊于 1983 年,由中国轻工机械协会、中国联合装备集团有限公司与轻工业杭州机电设计研究院联合主办,是一份在国内有较高影响力、历史悠久的轻工机械领域的专业性科技期刊。以报道轻工机械、自动化技术、机电一体化、工艺设计及其应用为特色。

- 双月刊,大 16 开,每册定价 10.00 元,全年 60.00 元。
- 邮局订阅(邮发代号:32-39),也可直接向本编辑部邮购(另加邮费 2 元/本)。
- 编辑部地址:杭州市余杭区高教路 970 号西溪联合科技广场 4 号楼 711 邮编:311121
- 电话:(0571)85186130 85187520 E-mail: qgjxzz@126.com
- 网址:www. qgjxzz. com

本刊系中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊),已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”“万方数据资源系统”“中文科技期刊数据库”,并被《中国学术期刊文摘》、英国《科学文摘》(SA INSPEC)、美国化学文摘(CA)、美国剑桥科学文摘(CSA)、美国乌利希期刊指南(Ulrich)、美国 EBSCO 数据库等收录。

欢迎订阅 ● 欢迎刊登广告 ● 欢迎赐稿

《轻工机械》杂志 2023 年总目次

第 41 卷(总第 181 ~ 186 期)

题目(作者)	期数	页码	题目(作者)	期数	页码
综述·专论			Galileo 数和 Eötvös 数对剪切稀化流体内气泡		
柔性力敏传感器发展现状			非稳态运动特性的影响		
苏倩,刘学婧,张军诗,刘磊,邢宇* 4	1		梁立军,胡波 2	10	
研究·设计			升降装置多连杆机构设计		
纺织钢领类金刚石涂层耐冲击性能仿真研究			梅海强,何雪明,罗康 2		
苏慧明,郭飞飞*,杨轶飞,王珂心 1	1		全约束 M 型预制袋袋口折合机构设计		17
纱线间距对复合材料拉伸性能的影响			王婧月,陆佳平 2		
谢旺,成小乐*,孙戡,李阳,赵瀚辰 1	10		冷弯成形轧辊快换机组设计		22
喷气涡流纺喷嘴参数对内流场特性的影响			程深圳,蒋毅* 2		
梁高翔,王青*,吕绪山,党帅,李佐超 1	16		多孔聚二甲基硅氧烷/碳纳米管复合压阻式柔性		29
间隙填充模型增材制造温度场数值模拟			压力传感器的制备		
邵海龙,邢彦锋*,张军,张小兵,杨夫勇,			郭鑫雷,刘鑫,胡汉春,胡呈安 2	34	
曹菊勇 1	23		喷孔锥度对喷气织机环槽型辅助喷嘴性能的影响		
薄片式软体爬行机器人			马建鑫,陈永当*,程云飞,杨兴轩,牛思旗 2		
张彬,刘学婧,苏倩,陈琛,黄修军,			新型双压电制动高频压电点胶阀设计		42
王思清,邢宇* 1	30		吕思源,赵润茂,陈刚*,王麒程,吴敏,		
轮腿可变式移动机器人的结构设计			郑俊杰 3		
谢天,张守京*,丁冬冬,杨文彬 1	35		螺丝锁付装置取放料时间寻优轨迹规划		1
硬质合金刀具高速切削 7075 铝合金表面粗糙度			徐杰,韩建海,郭冰菁,李向攀,邓毅 3		
预测模型			金属材料铣削力及振幅预测模型		
谢林涛,张雁*,马春露,王春宇,赵双悦,			张超锋,张鹏飞,唐利科,刘油松 3	16	
鲁政熙 1	42		双应力同步降压与双应力交叉步降压实验的数值		
双轴搅拌对晶粒降温结晶的影响			模拟与应用		
王博,张钰波,刘宝庆 2	1		张志强,蔡庆秋 3	24	

题目(作者)	期数	页码	题目(作者)	期数	页码
基于 ANSYS Workbench 的角接触球轴承摩擦热 仿真研究			单腿三维跳跃机器人动力学建模及控制		
高琛,许涛,陈玉立,郭强,李建平····· 3	35		高美妍,许勇*,郑佳乐,李俊楠,张晨阳, 施浩然,刘凌霄····· 5	22	
热处理对不同体积分数 B ₄ C 增强铝基复合材料 组织和力学性能的影响			连续型内窥镜机器人弯曲模型		
刘福广,杨二娟,李勇,米紫昊,刘刚, 吴晓俊,付顺利,成小乐*,郭飞飞,王思佳····· 3	41		何志坤,金晓怡*,胡聪慧,孔维彪····· 5	29	
烤箱内胆流动特性与加热效率研究			2 斜叶-框式组合桨釜内流场实验研究		
孔静娴,姚青,付远华,余科帆,钱锦远*····· 4	14		高晓斌,包健,刘龙炜,杨其洲,周勇军····· 5	38	
重复频率对飞秒激光直冲式加工氮化铝陶瓷 盲孔的影响			基于双向 ICP 跨源点云配准的鞋底涂胶轨迹生成		
王旭,马盼*,王宁,刘浩东,赵万芹····· 4	21		岑佳楠,贺磊盈*····· 5	44	
碳纤维复合材料超声振动磨削制孔试验研究			钢-铝搅拌摩擦焊接头的孔洞参数化建模和仿真		
喻伟,高延峰*,熊俊····· 4	28		吴海峰,许莎*,杨亚莉····· 5	52	
铬钼钢无缝储氢容器旋压工艺研究			新型角接触球轴承预紧装置设计		
魏立勃,刘亚宇,马凯,顾超华,朱宁····· 4	36		李建平,许涛,陈涛,高琛,陈玉立····· 5	60	
畜禽垃圾螺旋挤压脱水过程数值模拟研究			考虑 5 指差异化的外骨骼康复机械手结构设计		
徐稳,董淑宏,张洪*,于培师,赵军华, 张林····· 4	42		宋栓军,郭晓虎,曹佳豪····· 6	1	
喷动流化床内颗粒团聚结构与分布规律研究			基于几何代数的四面体机构自由度分析		
李旺,王东祥*,付爽····· 4	52		郭进群,柴馨雪*····· 6	9	
CNT 网络材料微观结构变化的数值模拟研究			多点接触粘滑驱动微动平台复合运动模型构建		
金雨林,赵军华*····· 5	1		崔希铭,呼延鹏飞,李鹏超,黄雨霖····· 6	17	
基于主动混合技术的双组分硅胶打印工艺			小型往复式无油空压机的动平衡与振动分析		
廖恩泽,刘禹,张亚玲····· 5	7		王俊,葛正浩*,李杰,刘言松,陆为东, 谭建军····· 6	26	
可调足式机器人腿部机构设计			3D 打印毛细芯与底座间隙对环路热管性能影响		
康特,王兴东*,孙伟,龚彩云····· 5	13		王丹,胡卓焕,袁成伟,许佳寅····· 6	34	
			基于大涡模拟的高速电梯轿厢气压变化规律		
			朱琳昊,杨高鹏*,苏冠楠,俞诚,李森····· 6	42	

题目(作者)	期数	页码	题目(作者)	期数	页码
基于有限体积应变能密度法的钎焊接头疲劳寿命研究			基于小波包-核偏最小二乘的滚动轴承故障检测法		
蒋雨生,杨新俊*,张迪·····	6	49	张亚雄,范玉刚,李枝荣,孙亚军·····	3	60
考虑摆线轮齿距误差的 RV 减速器转臂轴承寿命评估			基于改进 YOLOv5 的陶瓷环缺陷检测算法		
李星,金守峰,宿月文*,董雅文,赫森奥,贺晶·····	6	58	王旭,管声启*,刘通,张理博,王静国,于资江·····	3	66
自控·检测			4 边封包装机送膜-横切协同控制方法		
线束智能加工生产线控制系统设计			陆奇业,彭来湖*·····	4	61
张洪,高威*,吉华·····	1	48	基于 CEEMDAN 和 CNN-TSA-GRU 的滚动轴承故障识别方法研究		
基于改进 DenseNet 和迁移学习的变负载滚动轴承故障诊断			陈博,魏豪,权伟·····	4	68
吕欢,许涛,麻爱松,李建平,陈玉立·····	1	53	双边圆筒型永磁直线电机磁热网络耦合建模方法研究		
基于小波变换的 W18Cr4V 工具钢图像去噪算法研究			陆哲敏,郭亮*,鲁文其·····	5	67
何英杰,石秀东*,陈昊,张文利·····	1	59	永磁同步直线电机低成本霍尔位置检测装置研究		
基于语义生成与语义分割的机织物缺陷检测方法			赵子昂,张团善,金家升,华建兵·····	5	79
马浩然,张团善,王峰,赵浩铭·····	1	66	交变配流泵性能测试系统设计		
基于多步误差分离法的主轴回转误差检测方法			张傲,许全周,钱爽,葛正*·····	6	66
迟玉伦,王国强*·····	2	48	永磁同步电机调速系统模糊滑模双重控制策略		
基于 MOMEDA 与 BiLSTM 的滚动轴承微弱故障识别方法			金家升,张团善,赵子昂,华建兵·····	6	71
权伟,和丹*,杨鹏程,区瑞坚·····	2	57	基于图像边缘与 Hough 变换的振动位移测量方法		
永磁同步电机转矩脉动抑制方法研究			郭强,许涛,李建平,陈玉立,高琛·····	6	76
张超,郭辉*,袁涛,孙裴,肖兰兰,孙金辉·····	3	49	新设备·新材料·新方法		
基于积分补偿模糊控制的气压控制系统			直书写打印的生鲜品质监测用温/湿度传感器		
潘海鹏,刘广云*,江先志·····	3	55	王张磊,于培师*,郭志洋,胡炳政,赵军华·····	1	74
			星型人字齿轮传动系统非线性分岔特性		
			白壮华,林何·····	1	79
			基于 IGA 的机械臂时间最优轨迹规划		
			许永桥,倪艳光*,潘若鸣,刘玉,王恒迪·····	2	66

题目(作者)	期数	页码	题目(作者)	期数	页码
铰接摆动式 AGV 结构设计及运动学分析			3 瓣式自动抓紧旋盖头设计		
张 洪,张广杰*	2	72	苏武会,屠凤莲*,冯 巍,岳翠萍	3	84
基于注意力机制与 ResNet 的残余奥氏体评级研究			并联式太阳跟踪机构设计与尺寸优化		
苏 晨,任志俊,范 彪,董俊杰	2	78	赵世豪,杜小强*	4	82
激光直写法制备超疏水 PDMS 表面			畜禽垃圾螺旋挤压固液分离机优化设计		
王 宁,马 盼*,王 旭,刘浩东,赵万芹	3	72	徐 稳,董淑宏,张 洪*,于培师,赵军华,		
基于蒙特卡罗方法的粗纱机可靠性预测			张 林	5	96
董博超,杨灵芝,胡 胜	3	78	高速工业缝纫机送料机构优化设计		
悬挂组合式自行车停车系统设计			杨 树,徐仙国,郑 吉*,崔林涛,邱卫明	6	87
张锦涛,苏晨曦,王娅萱,张 艺,谢长雄,			环保·安全		
王建臣*	4	75	考虑多车型的柔性制造车间双向物料配送路径优化		
连续式精裱纸盒酒瓶装盒机设计			徐 进,张守京*,刘跃强	1	97
吴启航,张新昌,钱 静*	5	83	基于磁致伸缩超声导波 B 扫成像技术的大直径管道		
光学球罩真空吸附装夹结构设计			腐蚀检测		
李 震,王伟明,李庆忠*	5	89	姚文胜,王锋淮,叶宇峰,谢浩平,杨敬鹏	2	99
液体辅助氮化铝陶瓷飞秒激光直冲式盲孔加工			AVMD-Kriging 砂轮寿命周期磨削性能在线监测方法		
王 宁,马 盼*,王 旭,刘浩东,赵万芹	6	82	陈 晨,施 展,迟玉伦	3	88
制造·使用·改进			基于海鸥算法的库区货位分配及优化研究		
苹果自动套袋机结构设计			吴伟开,何雪明,黄育鹏	4	91
文祎祥,呼延鹏飞,李鹏超,黄雨霖	1	85	经营·管理		
振动输送机橡胶弹簧优化设计			基于改进遗传算法的附加约束重调度策略		
段 煜,齐 瑞	1	90	王少航,蒋 毅*,赵晓梦	3	100
基于响应面法的地震仪调整平台结构优化			考虑并行制造的云服务外购件供应商组合优选		
郑 乐,邹光明*,文陈杨	2	85	周姝含,吉卫喜*,卢璟钰,崔志鹏	4	99
液压系统控制双轴系翻袋式离心机设计			考虑碳排放约束的加工中心布局优化		
林海波,陈俊嘉,潘万贵*	2	93	王帮俊,孙宇浩*	6	93