

# 基于项目群的建筑材料供应优化研究

罗桢, 王首绪\*

长沙理工大学 交通运输工程学院, 长沙 410114

**摘要:** 本文立足项目群施工项目实际, 在参阅大量相关文献基础上, 基于目前对项目群材料供应研究较少的现状, 从项目群材料供应特点出发进行了数学建模。通过从仓库的建设和管理成本、材料供应点与仓库间的供应成本、仓库与施工项目点间的供应成本、仓库的材料储存成本四个角度构建联合优化模型, 以最小化总成本为目标, 设计经变邻域搜索优化的遗传算法, 并通过MATLAB软件进行求解。最后以湖南建设投资集团X项目群材料供应实际情况进行案例仿真, 验证通过模型进行仓库选址和材料供应路径优化的可行性。以期降低材料供应总成本和提供规划材料供应路线的参考。

**关键词:** 项目群管理; 仓库选址; 材料供应路径; 遗传算法; 变邻域搜索

中图分类号: F273; C39

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2023)04-0339-10

## 引言

随着我国经济建设实力不断增强, 项目群建筑工程逐渐兴起。由于项目群的材料需求量大, 材料成本在建设支出中所占比重较大<sup>[1]</sup>, 因此备受关注。然而, 受限于当前技术与管理水平导致材料供应效率低下, 供应成本普遍较高<sup>[2]</sup>。基于此, 优化材料供应降低成本势在必行。

项目群这一概念由英国学者Ferms定义为: 项目群是一组需要进行协调管理的项目<sup>[3]</sup>。而项目群管理则是采用计划、沟通、协调、控制、反馈、

纠偏等方式管理和运营这样一组项目来满足组织的需要<sup>[4]</sup>。美国项目管理协会(PMI)在项目管理知识体系(project management body of knowledge, PMBOK)中将项目群的定义为:“项目群是经过协调管理以便获取单独管理这些项目时无法取得的收益和控制的一组相关联的项目<sup>[5]</sup>。”研究者们从不同角度用不同方法对项目群材料供应进行了研究和归纳。Engwall等<sup>[6]</sup>研究发现, 对于同时开始建设且连续施工的项目, 综合资源配置是最为关键的。陈良威<sup>[7]</sup>通过对由不同种类的单项目组成的项目群进行系统的研究, 提出的方案为项目群不

收稿日期: 2022-12-16; 修回日期: 2022-12-30

作者简介: 罗桢(1993—), 男, 硕士研究生, 研究方向为工程管理。

\*王首绪(1964—), 男, 教授, 研究方向公路工程、工程造价等。E-mail: 99088472@qq.com (通讯作者)

引用格式: 罗桢, 王首绪. 基于项目群的建筑材料供应优化研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2023, 15(4): 339-348. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.23041001

Luo Z, Wang S X. Research on building material supply optimization based on the project group[J]. Journal of Engineering Studies, 2023, 15(4): 339-348. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.23041001

同层面管理者提供了一种有效的集成调度方法。贺争等<sup>[8]</sup>在工程现场研究高速公路大标段施工材料配送优化问题的基础上,建立了三级配送网络结构下的配送优化模型。Leung等<sup>[9]</sup>应用一个基于仿真的优化方法来构建了几个实际的单目标和多目标优化问题的求解框架,该框架可以解决单一问题,也可以解决制造业和分销行业的多目标优化问题。这些研究为材料供应管理提供了理论基础,但在数据选取和分析上存在主观性,且对项目群建筑的研究较少。本文从项目群建筑特点出发,建立了联合优化模型,以最小化总成本为目标,提供了降低材料供应成本和规划材料供应路线的参考。

## 1 模型构建

### 1.1 问题描述

对于项目群管理下的建筑项目施工材料的供应多由1个材料供应点,多个仓库和多个施工项目点构成。供应点的位置往往确定,材料供应能力也是一定的,施工项目点的个数、各施工项目点位置也是确定的,而各施工项目点的材料消耗量也可以根据实际施工进度估算得到。整个系统中的未知点就是确定仓库的数量和具体位置,以及材料供应线路。因此,目标是通过科学决策仓库的数量和位置,规划供应线路以使得整个供应系统总成本最小。

### 1.2 假设及参数定义

(1) 出于施工实际需要,材料供应点所供材料必须满足各施工项目点的材料需求。假设该材料供应点供应能力足够满足整个项目群施工材料需要。仓库的数量取决于实际需要,由总成本控制,没有数量限制。

(2) 由装载量为 $Q$ 的大型材料运输工具进行材料供应。当材料运输工具在供应路线上行驶时,每次车辆点火都会产生固定成本和运输费用,其中运输费用与材料运输工具行驶距离、材料运量成正比。材料运输工具可以实现对数个施工项目点的材料补给,但任一施工项目点仅对应一辆材料运输工具,并由该材料运输工具负责材

料供应;每辆材料运输工具不可以超载。由于实际施工中材料的消耗量大,只派一辆材料运输工具负责供应是不够的,多采取车队方式。为了方便论述,本研究把同一条供应路线上进行物资供应的车队看作是一辆材料运输工具。运输路线不考虑障碍物,为直线运输。每个施工点只能由材料运输工具进行1次供货且满足施工点材料需求。

(3) 由仓库出发起运物资的运输工具,在完成物资供应之后,须回到仓库;运往各施工项目点的材料应当在不影响施工实际进度的情况下到达;各仓库之间不存在材料调拨。不考虑车辆在施工项目点卸货所花时间;假定施工点对施工材料要求符合正态分布<sup>[10]</sup>,并且各施工点所需要施工材料是相互独立的。参数定义见表1。

表1 参数定义  
Table 1 Parameter definitions

参数	含义
$I$	备选仓库的集合
$F_i$	备选仓库的平均固定成本
$J$	施工点的集合
$C$	车辆启动一次的固定成本
$U$	车辆单位运输成本
$X_i$	如果选择点 $i$ 为仓库则为1,否则为0
$X_{ij}$	如果运输工具从施工点 $i$ 配送到 $j$ 则为1,否则为0
$Z_\alpha$	服务水平对应的安全库存系数
$q_{ij}$	运输工具从仓库 $i$ 配送到施工点的配送量
$C_i$	单位库存成本
$L$	订货提前期
$Q$	车辆的装载容量
$D$	施工点材料需求的标准差
$d_i$	供应点到仓库的距离
$Q_i$	供应点到仓库的配送量
$Y_{ij}$	如果仓库 $i$ 有材料从施工点 $j$ 则为1,否则为0
$d_j$	施工点的材料需求均值
$d_{ij}$	仓库到施工点的距离
$d_{ij}$	运输工具由施工点 $i$ 配送到施工点 $j$ 的距离

### 1.3 数学模型

对于项目群管理下的建筑项目施工材料的供应目标一般是求材料供应系统的总成本的最小值。本文从仓库的建设和管理成本、材料供应点与仓

库间的供应成本、仓库与施工项目点间的供应成本、仓库的材料储存成本四个角度进行考虑。

(1) 仓库的建设和管理成本。主要指仓库的一次建造成本和仓库的管理运营成本。现通过转化为施工材料供应周期中平均成本来求解。如式(1)所示, 表示材料供应周期中的仓库的平均固定成本。

$$\sum_{i \in I} X_i F_i \quad (1)$$

(2) 材料供应点与仓库间的供应成本。该成本由材料运输工具的固定启动成本和供应运输成本两部分组成。见式(2)。

$$\sum_{i \in I} 2C + d_i U X_i \left( \frac{Q_i}{Q} \right) \quad (2)$$

(3) 仓库与施工项目点间的供应成本。这部分成本分为材料运输工具的固定启动成本和运输工具的供应成本。见式(3)。

$$\sum_{i \in I} \sum_{j, j' \in J} (d_{ij} U + x_{jj'} d_{jj'} U + C) Y_{ij} \left( \frac{Q_i}{Q} \right) \quad (3)$$

(4) 仓库的材料储存成本。仓库的材料储存成本往往由材料的平均库存量来进行确定, 在数量上取决于材料平均库存量和材料单位库存持有成本的积, 见式(4)。

$$\sum_{i \in I} \left( \frac{1}{2} Q_i + \sum_{j \in J} Z_{\delta} D Y_{ij} \right) \sqrt{L} C_i \quad (4)$$

由此可得项目群管理下的材料供应优化模型的目标函数如式(5)所示, 意为整个材料供应系统的总成本最小。其中约束条件及对应含义如表2所示:

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{i \in I} X_i F_i + \sum_{i \in I} 2C + d_i U X_i \left( \frac{Q_i}{Q} \right) + \\ & \sum_{i \in I} X_i^2 \sum_{j, j' \in J} (d_{ij} U + x_{jj'} d_{jj'} U + C) Y_{ij} \left( \frac{Q_i}{Q} \right) + \\ & \sum_{i \in I} \left( \frac{1}{2} Q_i + \sum_{j \in J} Z_{\delta} D Y_{ij} \sqrt{L} \right) C_i \end{aligned} \quad (5)$$

## 2 算法求解

### 2.1 染色体设计编码

由于遗传算法不能直接处理问题本身, 因此需

表2 约束条件及对应含义

Table 2 Constraints and their corresponding meanings

约束条件	含义
$\sum_{j \in J} d_j Y_{ij} \leq Q_i$	施工点的材料需求均值之和应小于仓库所获得的, 来自于供应点供应的材料总量
$d_j \leq q_{ij} \forall i, j$	表示仓库所提供的建筑项目群所需材料总数应满足对应施工点需求
$\sum_{j \in J} q_{ij} Y_{ij} \leq Q \forall i$	表示运输工具每次供应的材料量不得超过运输工具的容量限制
$Y_{ij} \leq X_i; \sum_{i \in I} Y_{ij} \leq 1 \forall j$	表示对于每一个施工项目点只能有一个仓库进行供货服务
$\sum_{j \in J} x_{jj'} = \sum_{j \in J} x_{jj}$	表示运输车在不同施工项目点均保持进入次数和离开次数相同
$X_i, Y_{ij}, x_{jj'} \in \{0, 1\}; Q_i, q_{ij} \geq 0$ , 取整数	表示变量的取值条件和参考范围

要通过人为手段将问题参数转化为遗传算法可识别的基因<sup>[11]</sup>。而基因通过一定顺序排列则构成了染色体<sup>[12]</sup>。这种转化的过程称之为编码<sup>[13]</sup>。本文采用双层实数编码的形式对材料供应中心负责的施工点集合以及具体的供应节点顺序进行编码, 不同的编码代表供应系统不同的供应方案。第一层表示  $n$  个施工点所选择的仓库, 这部分编码的长度为  $n$ , 变量的选择范围为  $[1 \ m]$  之间的整数, 第  $i$  个位置表示第  $i$  个施工点, 第  $i$  个位置上的实数表示第  $i$  个施工点所选择的仓库; 第二层表示  $m$  个仓库所负责的施工点集合的供应优先级, 编码长度同样是  $n$ , 变量的选择范围为  $[1 \ n]$  之间的整数。由于编码代表施工点的供应优先级, 各个位置的变量之间不能存在重复的值。假设存在 6 个施工点, 3 个仓库, 编码如表 3 所示。

首先根据第一层编码确定各个仓库所负责的施

表3 染色体编码示例

Table 3 Example of the chromosome code

层次	施工点位置					
	A	B	C	D	E	F
第一层	2	1	1	2	3	3
第二层	5	6	1	2	4	3

工点, 第 $i$ 个位置上的实数表示第 $i$ 个施工点所选择的仓库。由此可知: 仓库1对应 $B$ 、 $C$ 施工点。仓库2对应 $A$ 、 $D$ 施工点, 仓库3对应 $E$ 、 $F$ 施工点。然后根据第二层编码确定各个仓库的材料供应顺序, 将对应位置按照优先级从小到大排列得到材料供应路线分别为: 仓库1- $C$ - $B$ -仓库1; 仓库2- $D$ - $A$ -仓库2; 仓库3- $F$ - $E$ -仓库3。

## 2.2 生成原始种群

种群规模是遗传算法重要控制参数之一, 会对遗传算法的性能和精度产生至关重要的影响。当群体过小时, 算法在搜索解的空间时就会容易受到局限, 容易导致还没有达到成熟就出现过早收敛现象。当群体过大时, 虽然有利于维持群体的多样性不致过早收敛, 但会在一定程度上提高计算的复杂度和难度。一般群体的规模选择在50~200较为合适<sup>[14-18]</sup>。为了保证种群的多样性, 种群里的个体生成方式采取随机的方式进行, 对于第一层编码在取值范围内随机取整数即可, 对于第二层编码则生成不重复的随机整数排序。在本案例中, 假定种群规模为120。

## 2.3 计算适应度函数

在遗传算法中普遍使用适应度函数来评价解集的好坏<sup>[19]</sup>。因为本文求解目标函数值的最小值, 并且目标函数的取值范围均为正数, 因此不再另

外构建适应度函数, 直接取目标函数作为适应度函数。

## 2.4 执行遗传操作

**2.4.1 选择** 选择的方式有轮盘赌选择和锦标赛选择等方式, 其中轮盘赌选择比较适合适应度函数变化范围较小的情况, 而锦标赛选择并不会使选择后的个体过于集中在最优部分, 避免迭代过程过早地收敛<sup>[20-22]</sup>。因此, 本文选择锦标赛选择的策略进行选择, 具体过程为: 从 $n$ 个个体中随机选择两个个体, 比较两个个体的适应度函数, 取适应度函数较优的个体放入选择后的种群中, 重复上述过程直至新种群个体数与原种群个体数相同。

**2.4.2 交叉** 由于个体的编码方式是双层实数编码, 在交叉的过程中也同样需要对两层编码分别考虑部分匹配交叉的策略。对于第一层编码的交叉, 由于第一层编码在取值范围内随机取整数, 因此将父代和母代执行部分交叉。具体操作为随机选两个位置将中间的基因执行交叉, 这里选择父代和母代的后三处对应的基因进行调换。此外, 对于第二层编码的交叉, 由于第二层编码表示优先级, 优先级不能相同, 即不能存在重复的基因, 因此需要在进行部分匹配交叉后对子代个体进行修复。具体修复过程: 即对未交叉的部分与交叉过来的基因片段重复的部分替换为缺失的部分。修复结果如图1所示。

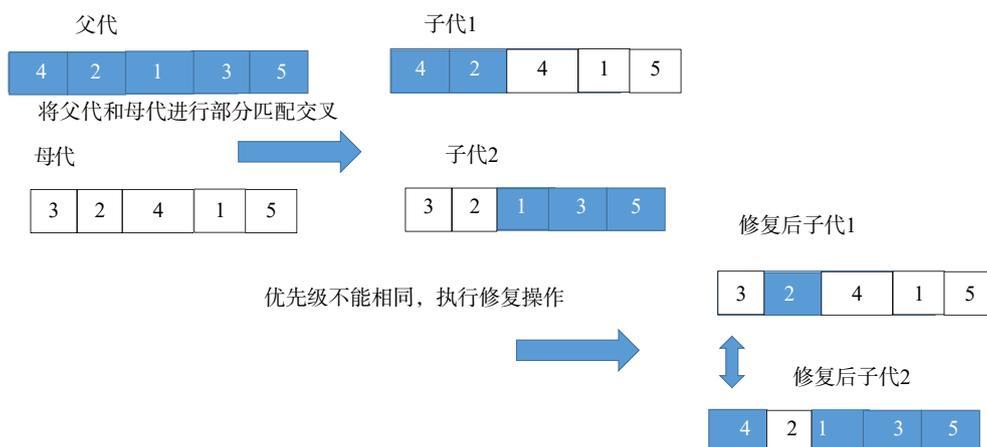


图1 交叉操作修复图

Figure 1 Cross-operated repair diagram

2.4.3 变异 与交叉相同, 在变异的过程中也同样需要对两层编码分别考虑变异的策略。本文对于第一层编码的变异, 采用三种变异策略: 首先是单点变异, 即随机选择一个位置将该位置上的基因变成取值范围内的随机整数, 单点变异结果如图2所示; 其次是两点变异, 即随机选择两个位置, 将这两个位置上的基因交换可得到变异后的个体, 两点变异后结果如图3所示; 最后是多点翻转变异, 即随机选择两个位置, 将这两个位置之间的基因翻转后重新放回原来的位置。对于第二层编码, 由于不能有重复基因的限制, 本文采取不需要修复的两点变异和多点翻转变异策略。



图2 单点变异  
Figure 2 Single point variants

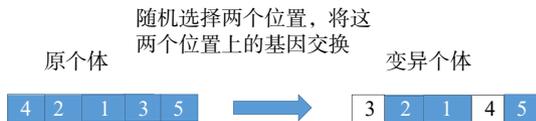


图3 两点变异  
Figure 3 Two-point variants

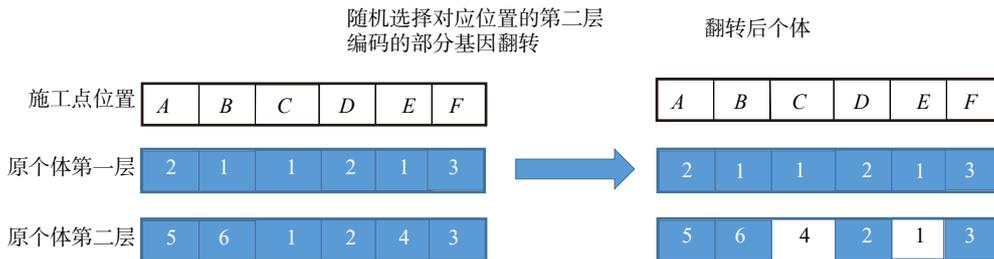


图4 同仓库施工点顺序部分翻转变换  
Figure 4 The sequence of the warehouse construction point

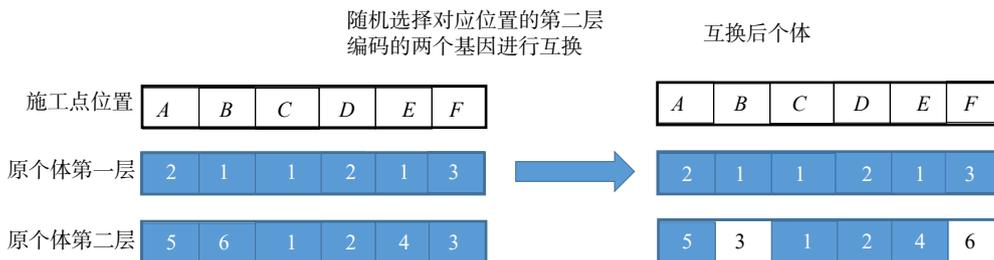


图5 同仓库施工点顺序两点互换  
Figure 5 Exchange of two points with the warehouse construction points

## 2.5 变邻域搜索优化

为了加快算法的收敛速度采用变邻域搜索 (variable neighborhood search, VNS) 的策略<sup>[23]</sup>。变邻域搜索算法是一种改进型的局部搜索算法, 其通过使用不同的邻域结构执行搜索, 能够在集中性和疏散性间保持良好平衡<sup>[24]</sup>。本文在每次迭代的过程中随机选择一定比例的个体进行多邻域变换搜索。具体搜索过程为: 从第一种邻域搜索策略开始对个体进行变换, 若变换后的个体比原个体更优则替换原个体后继续进行搜索, 若连续搜索一定次数后仍没有比原个体更优的结果, 则换下一种邻域搜索方式, 直至达到搜索次数的限制。具体邻域变换策略如下:

首先是同仓库的施工点顺序部分翻转变换。选择仓库1所负责的施工点A、B、C、D、E和F, 然后随机选择对应位置的第二层编码的部分基因翻转。选择施工点C和E的基因翻转变换后结果如图4所示; 其次是同仓库的施工点顺序两点互换变换。选择仓库1所负责的施工点B和E, 然后随机选择对应位置的第二层编码的两个基因进行互换, 选择施工点B和E的基因变换后结果如图5所示; 最

后是不同仓库的施工点顺序两点互换变换。出于篇幅, 此处不再进行举例说明。

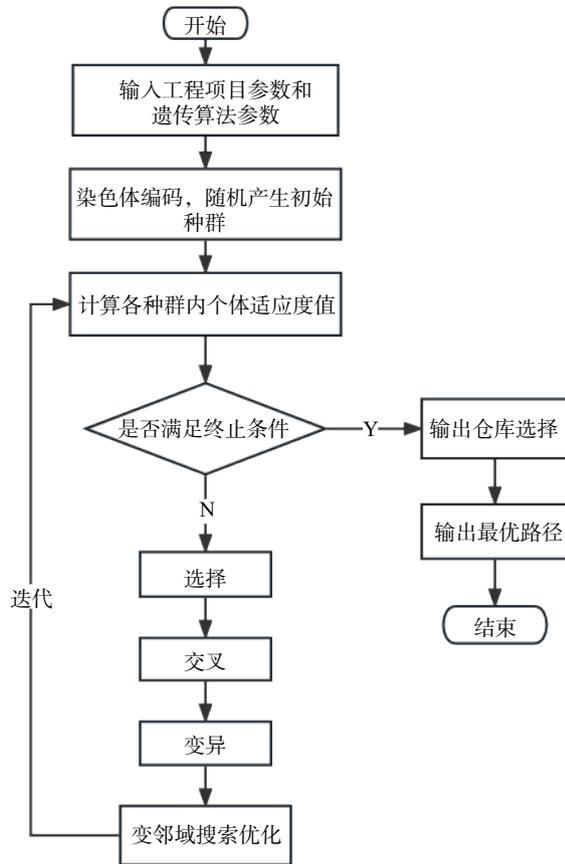


图6 变邻域搜索优化的遗传算法流程  
Figure 6 The flow of the genetic algorithm optimized by the variable neighborhood search

### 2.6 算法终止

考虑到本文问题要求, 选择设定迭代次数法, 终止迭代次数一般为100~500。本文设定迭代次数为150次。本文遗传算法具体流程见图6。

## 3 算例分析

### 3.1 工程概况

湖南建设投资集团X项目部, 该项目共计14个施工点, 工程总承包负责材料供应服务, 有且仅有一个钢材供应点为该项目供应钢材, 现需要从7个仓库潜在位置中进行仓库选址以及确定钢材供

应时运输工具的行进线路。将钢材供应点的位置作为坐标系的坐标原点, 预选仓库的坐标资料情况见表4。

表4 仓库潜在位置坐标数据  
Table 4 Warehouse potential location coordinate data

序号	仓库潜在位置坐标	年固定成本/万元
1	(2, 3.5)	15
2	(7, 3)	12
3	(14, -6)	14
4	(9, 4)	13
5	(8, -3.5)	20
6	(12, -7)	16
7	(9, -1.5)	15

运输工具载钢500 t, 每次开机固定费用为300元, 每吨每公里的运输成本为1元。由于钢材运输费用占成本比例大, 故选择钢材作为研究对象。钢材入库时的单位存放持有费用1.5元/(t·d)。其中材料供应提前期为一天, 钢材库存水平由运输时间和存储水平决定, 仓库材料供应周期是7 d。

### 3.2 计算分析

将遗传算法基础参数设定如下: 种群大小

表5 施工项目点信息  
Table 5 Construction project site information

施工项目点	坐标	需要的材料量/t
A	(1.5, 2)	32
B	(7.5, 1)	28
C	(10, -3)	36
D	(7, 4.5)	23
E	(12, -3.5)	31
F	(8, -7)	26
G	(9, 7)	33
H	(11, 5.5)	28
I	(15, -7)	29
J	(13, -10)	37
K	(6, 3)	42
L	(11, -6.5)	34
M	(5, 8)	26
N	(2, 7.5)	24

120, 终止条件迭代150次, 交叉概率定为0.8, 将变异概率定为0.1. 利用matlab软件编程求解, 统计30次程序运行结果并按照供应系统总成本最小的原则进行选择, 程序运行结果如表6所示. 根据程序运行结果可知仓库数量和位置选择, 总成本最小的结果为选择2号潜在位置作为仓库地址. 其中选择2号仓库的供应总成本迭代过程如图7所示. 根据供应总成本迭代图7可知, 结合变邻域搜

表6 仓库位置选择

Table 6 Warehouse location selection

序号	仓库选择	供应总成本/元
1	2, 4	6391.79
2	1, 2	6771.56
3	2, 3	6584.28
4	3, 4	6778.87
5	3, 7	7164.60
6	3, 7	7160.42
7	2, 4	6436.41
8	2, 4	6392.43
9	3, 6	7352.98
10	1, 4	6966.21
11	2, 4	6391.80
12	2	<b>3307.65</b>
13	3, 4	6778.85
14	7	3887.57
15	1, 7	7347.46
16	2, 4	6390.53
17	2, 7	6774.05
18	2	3320.93
19	3, 7	7160.42
20	2, 4	6417.98
21	3, 4	6779.85
22	1, 4	6963.94
23	2, 3	6586.28
24	1	3872.43
25	3, 4	6780.42
26	3, 4	6779.53
27	2, 3, 4	9678.08
28	3, 7	7162.37
29	2, 3	6587.58
30	1, 3	7158.03

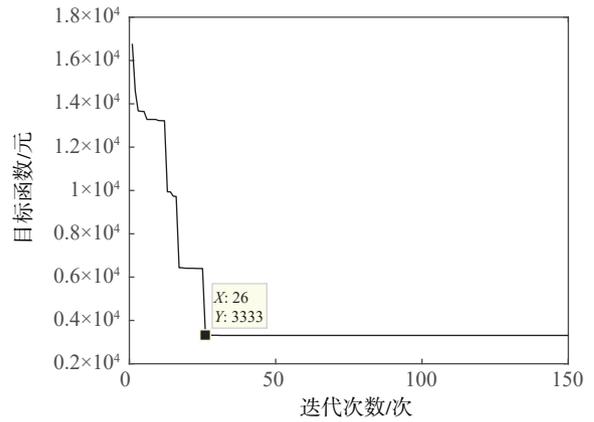


图7 供应总成本迭代图

Figure 7 An iterative diagram of the total supply cost

索算法优化后的遗传算法求解的供应配送系统总成本最小值在第26次迭代附近收敛. 比传统的遗传算法找到最优解的速度更快, 效率更高. 接下来将表6中最优结果(总成本3307.65元)进行绘图展现, 也就是将基于2号仓库的选址进行材料供应的路径规划, 可得材料供应路线如图8所示.

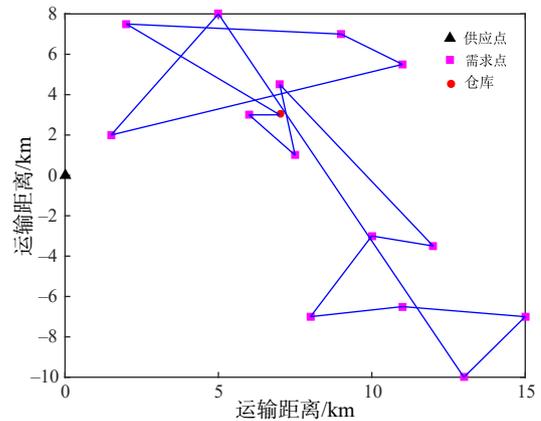


图8 材料供应线路图

Figure 8 Material supply line diagram

根据图8可知, 最优运输路线为: 供应点-仓库 2-K-B-D-E-C-F-L-I-J-M-A-H-G-N-仓库2. 在最优供应方案下, 仓库的平均固定成本为2301.37元, 供应点到仓库运输成本为306.68元, 仓库到施工项目点运输成本为329.85元, 库存成本为369.75元, 供应系统总成本为3307.65元. 现对比分析利用遗传算法获得的材料供应方案和实际施工时使用材料供应方案的费用偏差, 以展示本论文在优化供

应方案方面所取得的研究成果。该项目实际施工中采用经验分析法和数据统计法对仓库进行选址以及材料供应区域的分配, 对材料供应运输路线的选择依赖管理人员的施工经验, 在理论性和系统性上存在不足, 难以保证材料供应路线是否合理。该项目实际施工中, 仓库的选择和配送路径为: 仓库1-L-A-C-J-L-F-G-仓库1; 仓库6-I-E-B-M-H-D-N-仓库6。

将上述施工实际数据带入上文所建立的模型, 可以得出在施工实际中的仓库平均固定成本为5945.20元, 从仓库到施工点的材料供应费用为619.10元, 由材料供应点到仓库的材料供应成本为1207.26元, 物资库存成本375.23元, 供应系统的总费用是8146.79元。实际施工方案供应系统总成本比本文所给优化方案总成本高出146.3%。由于本研究中比较模型是分析计算的7 d内的建筑项目

群材料供应总成本, 若该项目的工期为1 a, 且施工项目点所需材料消耗量保持不变, 则本文所提出优化方案可节约供应成本25.2万元。

## 4 结语

本文从施工实际中的项目群材料供应问题出发, 以项目群中建筑项目物资供给数学模型为基础, 采用遗传算法进行求解, 在求解时, 采用变邻域搜索算法对其优化, 达到了遗传算法收敛快的目的, 由此求得最优解。通过将仓库数量选择、仓库选址、材料供应路线进行联合优化, 在保证材料供应满足项目需求的前提下, 进行合理仓库数量和位置选择, 优化了材料供应路线, 对解决类似的物资供应问题有一定的理论指导意义。

## 参考文献

- [1] 赖鑫辉. 房地产企业项目群物资采购管理模式研究[D]. 天津: 天津大学, 2014.  
Lai X H. Research on management mode of construction goods procurement of real estate enterprise programme[D]. Tianjin: Tianjin University, 2014.
- [2] 张新然. Z公司项目群成本管理研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2021.  
Zhang X R. Research on programme cost management of Z company[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2021.
- [3] Ferns C D. Developments in programme management[J]. *International Journal of Project Management*, 1991, 9(3): 148-156.
- [4] Turner J R, Speiser A. Programme management and its information systems requirements[J]. *International Journal of Project Management*, 1992, 10(4): 196-206.
- [5] 李雅静. 项目群视角下未来社区收益实现管理研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2022.  
Li Y J. Research on future community revenue realization management from the perspective of program[D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2022.
- [6] Engwall M, Jerbrant A. The resource allocation syndrome: the prime challenge of multi-project management?[J]. *International Journal of Project Management*, 2003, 21(6): 403-409.
- [7] 陈良威. 资源约束项目群分层调度问题研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2022.  
Chen L W. Research on hierarchical scheduling of resource-constrained programs[D]. Yantai: Yantai University, 2022.
- [8] 贺争. 高速公路大标段下施工材料配送优化研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2019.  
He Z. Study on optimization of material distribution for highway construction under big bid section of expressway[D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2019.
- [9] Leung C S K, Lau H Y K. Simulation-based optimization for material handling systems in manufacturing and distribution industries[J]. *Wireless Networks*, 2020, 26(7): 4839-4860.
- [10] 袁红卫. 基于供应链环境下的多级库存优化研究[D]. 郑州: 华北水利水电大学, 2017.  
Yuan H W. Research on multi-echelon inventory optimization based on supply chain environment[D]. Zhengzhou: North China University of Water Resources and Electric Power, 2017.

- [11] 袁剑波, 彭泽惠, 毛红日. EMPC模式下装配式建筑多工序模式选择优化调度分析[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2022, 14(3): 190-200.  
Yuan J B, Peng Z H, Mao H N. Optimal scheduling analysis of multi-mode selection for prefabricated building procedures under EMPC mode [J]. *Journal of Engineering Studies*, 2022, 14(3): 190-200.
- [12] 陈宁, 梁承姬. 基于混合流水车间调度的自动化码头调度研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2018, 10(4): 373-380.  
Chen N, Liang C J. Research on the scheduling problem of automated container terminal based on hybrid flow shop scheduling[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2018, 10(4): 373-380.
- [13] 梁承姬, 裴国涛, 潘洋, 等. 基于时间窗的地下集装箱物流系统自动导引车调度研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2019, 11(2): 137-145.  
Liang C J, Pei G T, Pan Y, et al. Research on AGV scheduling of underground container logistics system based on time window[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2019, 11(2): 137-145.
- [14] 钟敏. 基于改进遗传算法的异构云雾协同网络中的资源分配[D]. 南京: 南京邮电大学, 2022.  
Zhong M. Resource allocation in heterogeneous cloud-fog collaborative network based on improved genetic algorithm[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2022.
- [15] Li J C, Li L. A hybrid genetic algorithm based on information entropy and game theory[J]. *IEEE Access*, 2020, 8: 36602-36611.
- [16] Ding C, Chen L, Zhong B. Exploration of intelligent computing based on improved hybrid genetic algorithm[J]. *Cluster Computing*, 2019, 22(S4): 9037-9045.
- [17] Liu J, Liu Y, Shi Y, et al. Solving resource-constrained project scheduling problem via genetic algorithm[J]. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2020, 34(2): 04019055.
- [18] Bettemir Ö H, Sonmez R. Hybrid genetic algorithm with simulated annealing for resource-constrained project scheduling[J]. *Journal of Management in Engineering*, 2015, 31(5): 04014082.
- [19] 吴亚龙. 基于供应链环境的多级库存优化管理研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2019.  
Wu Y L. Research on multi-level inventory optimization management based on supply chain environment[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiatong University, 2019.
- [20] 谭潇洋. 基于高速公路大标段模式施工现场材料成本控制研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2019.  
Tan X Y. Study on the material cost control of construction site based on large-section mode in highway[D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2019.
- [21] 欧阳磊, 邓希萍, 何利军, 等. 基于遗传算法优化BP神经网络的压缩系数预测研究[J]. 土工基础, 2022, 36(6): 907-910, 951.  
Ouyang L, Deng X P, He L J, et al. Prediction of soil compression coefficient by genetic algorithm optimized BP neural network[J]. *Soil Engineering and Foundation*, 2022, 36(6): 907-910, 951.
- [22] 李炫颖, 谭乐, 林辰松, 等. 基于成本效益分析的公园低影响开发设施布局的遗传算法优化[J]. 给水排水, 2022, 58(12): 138-143.  
Li X Y, Tan L, Lin C S, et al. Genetic algorithm optimization of the layout of low impact development facilities in parks based on cost-benefit analysis[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2022, 58(12): 138-143.
- [23] 王伟权, 丁鼎, 曹淑艳. 混合变邻域搜索算法求解大规模电动车辆路径优化问题[J]. 系统仿真学报, 2022, 34(4): 910-919.  
Wang W Q, Ding D, Cao S Y. Hybrid variable neighborhood search algorithm for the multi-trip and heterogeneous-fleet electric vehicle routing problem[J]. *Journal of System Simulation*, 2022, 34(4): 910-919.
- [24] 陈希琼, 胡大伟, 王宁. 多目标同时取送货选址-路径问题的多起点变邻域搜索算法[J]. 控制理论与应用, 2022, 39(7): 1229-1241.  
Chen X Q, Hu D W, Wang N. A multi-start variable neighborhood search for multi-objective location routing problem with simultaneous pickup and delivery[J]. *Control Theory & Applications*, 2022, 39(7): 1229-1241.

## Research on Building Material Supply Optimization Based on the Project Group

Luo Zhen, Wang Shouxu\*

*School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China*

**Abstract:** At the same time, a company undertook 14 housing construction sub-projects distributed in Yongzhou City, Hunan Province, and implemented project group management for the project, in order to achieve high construction quality, completion on schedule, high employee satisfaction, high efficiency and high efficiency management. In the process of project group management, the supply and distribution of materials directly affect the construction period, employee satisfaction, storage cost and distribution cost. This study through the supply of 14 housing construction project of the company, around the three main factors of warehouse quantity, warehouse location, material transportation process, using the genetic algorithm of the neighborhood search algorithm optimization, scientific and feasible optimization scheme for the reinforcement storage and distribution, and the simulation study, the results show that the optimization scheme under the premise of guarantee period, material storage and distribution for reduce the cost of good effect and certain promotion value.

To investigate the current situation of steel material supply in 14 housing construction sub-projects of a company, so as to optimize the steel material distribution strategy, and to test the feasibility of steel material supply optimization strategy through simulation.

The genetic algorithm optimized by the variable neighborhood search algorithm is used to study the three main factors affecting the reinforcement material supply: warehouse quantity, warehouse location and the design algorithm of material transportation process, and compare the cost with the actual material supply scheme to verify the scientific and feasibility of the optimization scheme.

Bear fruit:

(1) Field study results: Current warehouse quantity, 2 warehouses; warehouses, No.1 and No.6; material distribution route, warehouse No.1-L-A-C-J-L-F-G-1; Warehouse No.6-I-E-B-M-H-D-N-No.6.

(2) Theoretical optimization strategies for the three elements calculated by the genetic algorithm:

According to the genetic algorithm, No. 2 potential location can be set as the site selection of the warehouse. At this time, the material transportation path is: No.2 potential warehouse-K-B-D-E-C-F-L-I-J-M-A-H-G-N-2 potential warehouse. This suggests that we can optimize from the following aspects: ① Quantity and location of warehouses: one warehouse from two warehouses, warehouse No.1 and warehouse No.2. ② Material distribution route: from the original route warehouse 1-L-A-C-J-L-F-G-1; warehouse 6-I-E-B- -M-H-D-N-6. Change to Warehouse 2-K-B-D-E-C-F-L-I-J-M-A-H-G-N-2. ③ Predict the steel bar storage and distribution cost according to the optimization strategy.

In a research period (7), the total cost of the supply system is 3307.65 yuan, the average fixed cost of the warehouse is 2301.37 yuan, the supply point to the warehouse is 306.68 yuan, the transportation cost of the warehouse to the construction project point is 329.85 yuan, and the inventory cost is 369.75 yuan. The total cost of the actual construction scheme supply system is 146.3% higher than the total cost of the optimization scheme given in this paper.

The project group management mode is used for the management of steel bar materials in 14 sub-houses in the same city, which can save the transportation mileage, improve the efficiency of material transportation and reduce the material distribution cost.

The optimal management strategy of steel reinforcement materials in 14 sub-house buildings inferred by using the genetic algorithm optimized by the variable neighborhood search algorithm is scientific and operable. By optimizing the distribution strategy of steel materials for 14 sub-housing construction projects, it is beneficial to reduce the distribution and storage cost of steel materials, which can produce good social and economic benefits. This optimization management strategy has certain promotion value.

**Keywords:** project group management; warehouse site location; material supply path; genetic algorithm; multi-neighborhood search