引用格式：苏群山，徐笑东，吴远超，等. 基于综合成本系数驱动的多功能一体化复合外墙板公差分配优化方法[J]. 工业建筑，2026，56(2)：143-149. SU Qunshan，XU Xiaodong，WU Yuanchao，et al. A Tolerance Allocation Optimization Method of Multifunctional Integrated Composite Exterior Wall Panel Driuen by Comprehensive Cost Coefficient[J]. Industrial Construction，2026，56(2)：143-149 (in Chinese). DOI：10.3724/j.gyjzG25072101

基于综合成本系数驱动的多功能一体化复合外墙板公差分配优化方法*

苏群山[1]　徐笑东[1]　吴远超[1]　白卫峰[2]　苑晨阳[2]

（1. 河南省第二建设集团有限公司，郑州　450000；2. 华北水利水电大学，郑州　450000）

摘　要　针对多功能一体化复合外墙板在制作、预埋件及主体结构预埋件公差分配中的复杂问题，结合改进的遗传算法，提出了一种基于综合成本系数驱动的公差分配优化方法。根据各公差在水平向与竖直向之间的协同作用，建立了包含墙板之间纵缝、横缝和对角线的二维尺寸链分析模型；构建以综合成本系数之和最小化为目标的优化函数，确定公差及尺寸链模型的约束条件；将不同公差等级编码为染色体，随机生成初始种群，通过计算每个个体的适应度（优化函数的倒数）进行选择、交叉和变异操作，并引入精英主义原则，通过迭代得出了满足约束条件的最优公差分配方案。通过具体实例对比分析，该方法确定的分配方案较传统遗传算法降低综合成本系数11.25%，为多功能一体化复合外墙板的公差分配提供理论支撑。

关键词　综合成本系数；复合外墙板；改进的遗传算法；公差分配

A Tolerance Allocation Optimization Method of Multifunctional Integrated Composite Exterior Wall Panel Driuen by Comprehensive Cost Coefficient

SU Qunshan[1]　XU Xiaodong[1]　WU Yuanchao[1]　BAI Weifeng[2]　YUAN Chenyang[2]

（1. *Henan D. R. Construction Group*, *Zhengzhou* 450000, *China*; 2. *North China University of Water Resources and Electric Power*, *Zhengzhou* 450000, *China*）

Abstract: Aiming at the complex problems of tolerance allocation in the manufacture, embedded parts of the main structure of multifunctional integrated composite exterior wall panel, combined with the improved genetic algorithm, a tolerance allocation optimization method driven by comprehensive cost coefficient was proposed. A two-dimensional chain analysis model including longitudinal joints, transverse joints, and diagonal lines between wallboards was established based on the synergistic effect of various tolerances in the horizontal and vertical directions. An optimization function was constructed to minimize the sum of comprehensive cost coefficients, and the constraints of tolerance and dimensional chain models were determined. Different tolerance levels were encoded as chromosomes, and the initial population was randomly generated. The selection, crossover and mutation operations were carried out by calculating the fitness of each individual (the reciprocal of the optimization function), and the elitism principle was introduced. Finally, the optimal tolerance allocation scheme satisfying the constraint conditions was obtained iteratively. Through the comparison and analysis of specific examples, the allocation scheme determined by this method can reduce the comprehensive cost coefficient by 11.25%, compared with the traditional genetic algorithm method, and provide theoretical support for the tolerance

*“十四五”国家重点研发计划（2022YFC3801400）。

第一作者：苏群山，正高级工程师，主要从事建筑工程施工技术研究。

电子信箱：17637839799@163.com

收稿日期：2025-07-21

© 2026 工业建筑

allocation of multifunctional integrated composite exterior wall panels.

Keywords: comprehensive cost coefficient; composite exterior wall panel; improved genetic algorithm; tolerance allocation

0 引 言

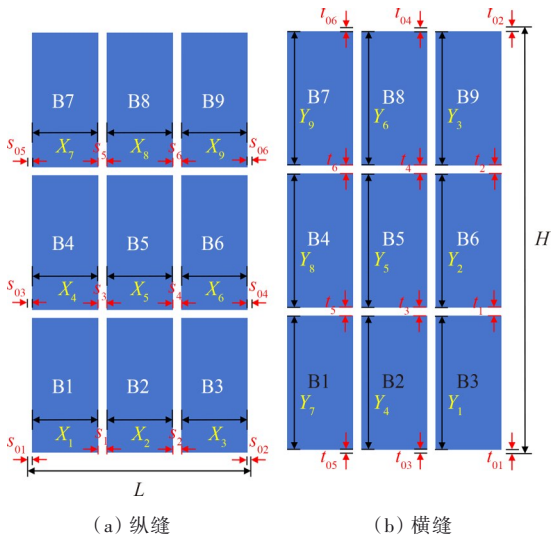
在建筑产业现代化进程加速的背景下，通过预制化建造技术推动发展起来的新型复合外墙构件，凭借其优良的绿色特性、便捷的施工工艺及环境友好特征，已逐步成为现代建筑围护系统的核心构成要素[1-3]。预制建筑涉及主要结构部件的场外制造，然后在施工现场进行运输和组装[4]。值得关注的是，这类多功能一体化复合外墙部品在工程实践中呈现的尺寸偏差问题，与施工质量、结构可靠性及建筑功能完整性形成密切关联，且不可避免[5]。由于轻质复合材料的特殊性和预制工艺的复杂性，其公差控制涉及生产工艺、施工安装全流程的协同优化[6-9]。为有效保障外墙部品在全生命周期内的性能稳定性，亟需开展制作公差、预埋件公差及主体结构预埋件公差的优化分配研究，这不仅具有重要的理论价值，而且对提升建筑工业化水平具有显著实践价值。

装配式建筑物或构筑物的装配公差由构件组装过程中的安装公差与构件本身的尺寸公差累加而成。国内外相关规范对此也有具体要求[10]。Long 等[11]基于构件安装的尺寸链关系，建立了装配式施工中预制构件安装过程的极限状态方程，提出了通过调整预制构件的制造尺寸来提高安装可靠性的设计方法；高晓明等[12]基于概率统计理论提出了将装配构件尺寸可变性作为公差或偏差分析的基本假定。在规范要求的基础上，通过公差优化分配，可以提高装配质量的同时降低综合成本。Liu 等[13]提出了一种基于合格率的预制构件尺寸公差控制模型；于涛等[14]基于粒子群算法提出了一种公差分配优化方法；程彬彬等[15]通过引入公差原则，提出了一种面向公差原则的装配体公差优化分配方法；董霜[7]开展了基于尺寸链的装配式混凝土结构安装公差控制方法研究。但现有研究中，针对装配式建筑预制墙板相关公差优化分配的研究较少，且以一维尺寸链分析方法为主，仅关注某一方向上的尺寸误差，无法反映横向与竖向之间的关联性。这种局限性可能导致对装配精度的评估不够全面，尤其是在复杂的装配式建筑中。

本研究结合多功能一体化复合外墙板装配特点和尺寸链理论，通过构建纵缝尺寸链方程、横缝尺寸链方程和对角线尺寸链方程来建立二维尺寸之间的关联性；基于改进的遗传算法，提出以综合成本系数之和最小化为目标的公差分配优化方法，以期为装配式建筑装配过程中公差分配提供理论支撑。

1 二维尺寸链模型

综合考虑在实际安装过程中复合外墙板之间的关系，选取 9 块板作为研究对象，如图 1 所示。图中，L 为横向距离，包含三块板的宽度、两个纵缝宽度（s）和两个边纵缝宽度（s_0），其中 s_0 尺寸为实际纵缝的 1/2；H 为纵向距离，包含三块板的高度、两个横缝的高度（t）和两个边横缝（t_0）的高度，t_0 尺寸为实际横缝高度的 1/2。由此可以建立纵缝尺寸链方程、横缝尺寸链方程和对角线尺寸链方程。



（a）纵缝　　（b）横缝

图 1 二维尺寸链示意

Fig. 1 Schematic diagram of 2D dimension chain

1.1 纵缝尺寸链

在图 1 中，纵缝包含 12 个，考虑到墙板的独立性，每个纵缝会有所差别。为了能够全面表达纵缝的公差，首先分析每一个纵缝的表达式，然后给出

纵缝一般性的尺寸链公式。

图 2 给出了左侧边纵缝计算分析示意。图中 s_{01} 为墙板与左侧轴线的设计距离；X_1 为 B1 墙板的设计宽度；ΔX_1 为 B1 墙板实测宽度偏差（较设计值偏大为正，较设计值偏小为负）；M_{11} 为 B1 墙板的预埋件位置偏差（偏 X 正向为正，偏 X 负向为负）；M_{12} 为 B1 墙板对应主体结构的预埋件位置偏差（偏 X 正向为正，偏 X 负向为负）。由此，可以得出实际的左侧边纵缝尺寸计算公式为：

$$s'_{01} = s_{01} - M_{11} + M_{12} - \frac{\Delta X_1}{2} \tag{1}$$

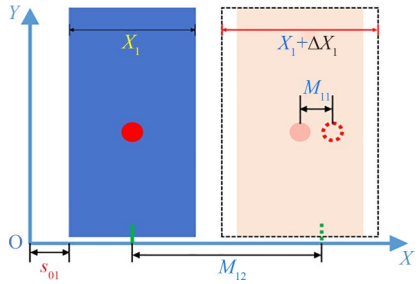


图 2　左侧边纵缝计算分析

Fig. 2　Calculation and analysis diagram of left side longitudinal seam

图 3 为中间纵缝计算分析示意。图中，s_1 为墙板之间的设计距离；X_2 为 B2 墙板的设计宽度；ΔX_2 为 B2 墙板实测位置偏差（较设计值偏大为正，较设计值偏小为负）；M_{21} 为 B2 墙板的预埋件位置偏差（偏 X 正向为正，偏 X 负向为负）；M_{22} 为 B2 墙板对应主体结构的预埋件位置偏差（偏 X 正向为正，偏 X 负向为负）。由此可以得出实际的中间纵缝尺寸计算公式为：

$$s'_1 = s_1 + M_{11} - M_{12} - \frac{\Delta X_1}{2} - M_{21} + M_{22} - \frac{\Delta X_2}{2} \tag{2}$$

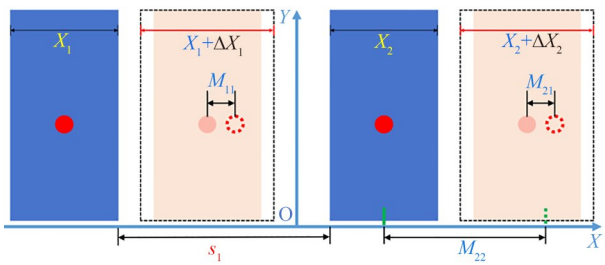


图 3　中间纵缝计算分析

Fig. 3　Calculation and analysis diagram of middle longitudinal seam

通过以上分析可知：中间第 2 个纵缝和右侧边纵缝的计算方式和以上两种情况类似，由此可以得出图 1 中的二维尺寸链模型对应的每一个纵缝的计算公式，见式（3）：

$$\begin{cases} s'_{\text{纵左}} = s_{\text{纵左}} - M_{\text{右1}} + M_{\text{右2}} - \dfrac{\Delta X_{\text{右}}}{2} \\ s'_{\text{纵中}} = s_{\text{纵中}} + M_{\text{左1}} - M_{\text{左2}} - \dfrac{\Delta X_{\text{左}}}{2} - M_{\text{右1}} + M_{\text{右2}} - \dfrac{\Delta X_{\text{右}}}{2} \\ s'_{\text{纵右}} = s_{\text{纵右}} - M_{\text{左1}} + M_{\text{左2}} - \dfrac{\Delta X_{\text{左}}}{2} \end{cases} \tag{3}$$

式中：$s'_{\text{纵左}}$、$s'_{\text{纵中}}$、$s'_{\text{纵右}}$ 分别为左边纵缝、中间纵缝、右边纵缝的宽度实际值；$s_{\text{纵左}}$、$s_{\text{纵中}}$、$s_{\text{纵右}}$ 分别为左边纵缝、中间纵缝、右边纵缝的宽度设计值；$M_{\text{左1}}$、$M_{\text{右1}}$ 分别为对应纵缝左、右侧墙板的预埋件宽度偏差（偏 X 正向为正，偏 X 负向为负）；$M_{\text{左2}}$、$M_{\text{右2}}$ 分别为对应纵缝左、右侧墙板的主体结构预埋件偏差（偏 X 正向为正，偏 X 负向为负）；$\Delta X_{\text{左}}$、$\Delta X_{\text{右}}$ 分别为对应纵缝左、右侧墙板的宽度偏差（较设计值偏大为正，较设计值偏小为负）。

1.2　横缝尺寸链

横缝尺寸链和纵缝尺寸链的分析有相似之处，由此可以得出图 1 中的二维尺寸链模型对应的每一个横缝的计算公式，见式（4）：

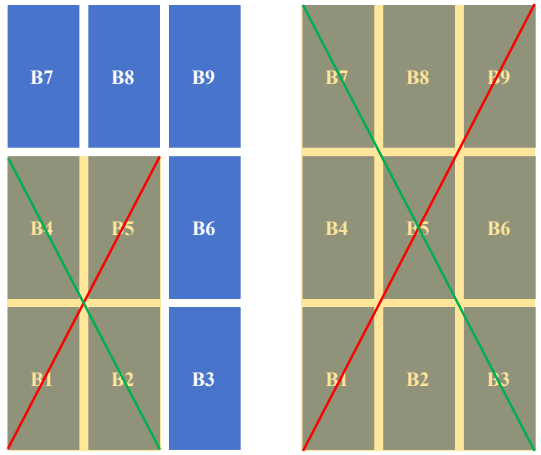
$$\begin{cases} t'_{\text{横下}} = t_{\text{横下}} - N_{\text{上1}} + N_{\text{上2}} - \dfrac{\Delta Y_{\text{上}}}{2} \\ t'_{\text{横中}} = t_{\text{横中}} + N_{\text{下1}} - N_{\text{下2}} - \dfrac{\Delta Y_{\text{下}}}{2} - N_{\text{上1}} + N_{\text{上2}} - \dfrac{\Delta Y_{\text{上}}}{2} \\ t'_{\text{横上}} = t_{\text{横上}} - N_{\text{下1}} + N_{\text{下2}} - \dfrac{\Delta Y_{\text{下}}}{2} \end{cases} \tag{4}$$

式中：$t'_{\text{横下}}$、$t'_{\text{横中}}$、$t'_{\text{横上}}$ 分别为下侧横缝、中间横缝、上侧横缝的高度实际值；$t_{\text{横下}}$、$t_{\text{横中}}$、$t_{\text{横上}}$ 分别为下侧横缝、中间横缝、上侧横缝高度的设计值；$N_{\text{下1}}$、$N_{\text{上1}}$ 分别为对应横缝下侧、上侧墙板的预埋件位置偏差（偏 Y 正向为正，偏 Y 负向为负）；$N_{\text{下2}}$、$N_{\text{上2}}$ 分别为对应横缝下侧、上侧墙板的主体结构预埋件位置偏差（偏 Y 正向为正，偏 Y 负向为负）；$\Delta Y_{\text{下}}$、$\Delta Y_{\text{上}}$ 分别为对应横缝下侧、上侧墙板的高度偏差（较设计值偏大为正，较设计值偏小为负）。。

1.3　对角线尺寸链

为充分考虑对角线计算的各种情况，图 4 给出了计算对角线分析图，包含 4 块板和 9 块板计算的对角线。

以图 4（a）为例，对于 B1–B2–B4–B5 四块板组成的矩形，墙板 B1 与 B5 的对角线长度 r_{15} 和墙板 B2 与 B4 的对角线长度 r_{24}，分别如式（5）和式（6）所示。



（a）4块板　　（b）9块板

图4　对角线计算分析

Fig. 4　Calculation and analysis diagram of diagonal

$$r_{15}=\sqrt{\left(X_{12}\right)^2+\left(Y_{25}\right)^2} \tag{5}$$

其中 $X_{12}=\left(X_1+\Delta X_1\right)+\left(X_2+\Delta X_2\right)+s_1$

$Y_{25}=\left(Y_4+\Delta Y_4\right)+\left(Y_5+\Delta Y_5\right)+t_3$

$$r_{24}=\sqrt{\left(X_{12}\right)^2+\left(Y_{78}\right)^2} \tag{6}$$

其中 $X_{12}=\left(X_1+\Delta X_1\right)+\left(X_2+\Delta X_2\right)+s_1$

$Y_{78}=\left(Y_7+\Delta Y_7\right)+\left(Y_8+\Delta Y_8\right)+t_5$

针对9块板，计算分析墙板B1与B9对角线长度r_{19}和B3与B7对角线长度r_{37}，分别如式（7）和式（8）所示。

$$r_{19}=\sqrt{\left(X_{13}\right)^2+\left(Y_{39}\right)^2} \tag{7}$$

其中 $X_{13}=\left(X_1+\Delta X_1\right)+\left(X_2+\Delta X_2\right)+\left(X_3+\Delta X_3\right)+s_1+s_2$

$Y_{39}=\left(Y_1+\Delta Y_1\right)+\left(Y_2+\Delta Y_2\right)+\left(Y_3+\Delta Y_3\right)+t_1+t_2$

$$r_{37}=\sqrt{\left(X_{13}\right)^2+\left(Y_{17}\right)^2} \tag{8}$$

其中 $X_{13}=\left(X_1+\Delta X_1\right)+\left(X_2+\Delta X_2\right)+\left(X_3+\Delta X_3\right)+s_1+s_2$

$Y_{17}=\left(Y_7+\Delta Y_7\right)+\left(Y_8+\Delta Y_8\right)+\left(Y_8+\Delta Y_8\right)+t_5+t_6$

2　改进的遗传算法

遗传算法通常采用二进制编码，经过选择、交叉、变异后得到子代基因[16-18]。改进的遗传算法，是在此基础上引入精英主义原则，将每一代中适应度最高的个体（或一定数量的优秀个体）直接保留到下一代，可避免传统遗传算法中可能因统计误差导致无法保证结果稳定收敛至最优解的问题。采用精英主义原则的改进遗传算法可以弥补统计误差，保证得到全局最优解[19]。

结合适应度计算结果，通常采用轮盘赌方法选择合适基因。每个个体i被选中的概率为：

$$p_i=\frac{f_i}{\sum_{i=1}^{n}f_i} \tag{9}$$

式中：n为种群个数；f_i为适应度值。

第l个染色体a_l和第m个染色体a_m在第h位置交叉的过程为：

$$\begin{cases}a_{lh_new}=a_{lh}(1-b)+a_{mh}b\\ a_{mh_new}=a_{mh}(1-b)+a_{lh}b\end{cases} \tag{10}$$

式中：b为0~1之间的随机数。

选取的第i个个体的第j位基因进行变异的过程为：

$$a_{ij}=\begin{cases}a_{ij}+\left(a_{ij}-a_{\max}\right)f(g) & e\geqslant 0.5\\ a_{ij}+\left(a_{\min}-a_{ij}\right)f(g) & e<0.5\end{cases} \tag{11}$$

其中 $f(g)=\dfrac{d}{1-g/G_{\max}}$

式中：e为0~1之间的随机数；d为一个随机比例系数；g为当前迭代次数；$G_{\max}$为最大进化次数；$a_{\max}$和$a_{\min}$分别为基因a_{ij}的上下限。

精英主义原则在生成子代种群时，除了通过选择算子生成的子代种群外，还需要额外保留适应度值最高的几个最优个体，保留的数量由精英比率决定。

3　多功能一体化复合外墙板公差分配优化

3.1　综合成本系数

多功能一体化复合外墙板公差分配，涉及到墙板制作公差、墙板预埋件公差和主体结构预埋件公差。为了更合理分配相关公差，考虑工艺难度、成本高低、工人熟练程度，确定各公差对应不同标准公差的综合成本系数表达式。目前国内外许多学者对加工成本与公差的关系模型主要分为以下几种：指数模型、负平方模型、幂指数模型、倒数模型、多项式模型和复合模型等[20-21]。本文选用负平方模型建立综合成本系数表达式：

$$C_{ij}=k_{ij}f\left(T_{ij}\right)=\frac{k_{ij}}{T_{ij}^2} \tag{12}$$

式中：T_{ij}为对应公差；k_{ij}为对应公差的相关系数，

依据所对接企业实际工程情况确定；i=1，2，3，分别指墙板制作公差、墙板预埋件公差和主体结构预埋件公差等 3 类；j=1，2，分别指水平向和竖直向。

3.2　目标函数

在满足产品功能要求的情况下，合理的公差分配能够具有更低的综合成本系数之和。由此，本文以多功能一体化复合外墙板相关的综合成本系数总和最小作为公差分配优化模型的目标函数，如式(13)所示，目标是使其最小化。

$$F=\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{2}C_{ij}=\frac{k_{11}}{\left(T_{11}\right)^2}+\frac{k_{12}}{\left(T_{12}\right)^2}+\frac{k_{21}}{\left(T_{21}\right)^2}+\frac{k_{22}}{\left(T_{22}\right)^2}+\frac{k_{31}}{\left(T_{31}\right)^2}+\frac{k_{32}}{\left(T_{32}\right)^2} \tag{13}$$

3.3　约束条件

在装配过程中，各类公差会直接影响到纵缝、横缝和对角线的尺寸。虽然随着相关工艺的逐渐进步，能做到减小公差，但是很难做到消除公差，故在公差分配优化过程中，需要对相关公差设置约束条件；在尺寸链中，公差之间的相互关系也影响到装配效果，故需要同时对尺寸链设置约束条件。结合图 1 和相关尺寸链模型，对应的约束条件如式(14)所示。

$$\begin{cases}T_{ijl}\leqslant T_{ij}\leqslant T_{iju}\\ T_{sl}\leqslant T_{s}\leqslant T_{su}\\ T_{tl}\leqslant T_{t}\leqslant T_{tu}\\ T_{Dl}\leqslant T_{D}\leqslant T_{Du}\end{cases} \tag{14}$$

式中：T_{iju}和T_{ijl}分别为公差的上限和下限；T_s、T_t和T_D分别为纵缝公差、横缝公差和对角线公差；T_{su}和T_{sl}分别为纵缝公差的上限和下限；T_{tu}和T_{tl}分别为横缝公差的上限和下限；T_{Du}和T_{Dl}分别为对角线公差的上限和下限。

3.4　基于改进遗传算法的公差分配优化模型

本文以某建筑企业多功能一体化复合外墙板为例，在罗小勇等[6]和董霜[7]公差分配研究的基础上，基于改进遗传算法建立针对性的公差分配优化模型。

在企业协助下，对墙板制作及安装中实际测量数据和工艺难度、成本高低、工人熟练程度等进行分析，确定k_{ij}对应的相关系数，由此得出目标函数为：

$$F=\frac{1.0}{\left(T_{11}\right)^2}+\frac{1.2}{\left(T_{12}\right)^2}+\frac{1.8}{\left(T_{21}\right)^2}+\frac{2.0}{\left(T_{22}\right)^2}+\frac{1.2}{\left(T_{31}\right)^2}+\frac{1.2}{\left(T_{32}\right)^2} \tag{15}$$

式(16)所建立函数的目标是使其最小化，在遗传算法中选择适应度值较大的个体，故以目标函数的倒数作为适应度值，如式(16)所示：

$$f=\frac{1}{F} \tag{16}$$

通过对多功能一体化复合外墙板的高度和宽度、预埋件偏差、主体结构预埋件偏差进行测量和统计分析，可以得出对应的T_{ij}，以及根据概率法[5]获得纵缝、横缝和对角线的公差，基于此确定约束条件，如式(17)和式(18)所示。

$$\begin{cases}3.13\leqslant T_{11}\leqslant 5.64\\ 2.11\leqslant T_{12}\leqslant 3.80\\ 2.30\leqslant T_{21}\leqslant 4.14\\ 2.40\leqslant T_{22}\leqslant 4.32\\ 1.93\leqslant T_{31}\leqslant 3.48\\ 0.93\leqslant T_{32}\leqslant 1.68\end{cases} \tag{17}$$

$$\begin{cases}3.41\leqslant\sqrt{T_{31}^{\ 2}+T_{21}^{\ 2}+T_{11}^{\ 2}}\leqslant 6.14\\ 2.80\leqslant\sqrt{T_{32}^{\ 2}+T_{22}^{\ 2}+T_{12}^{\ 2}}\leqslant 5.04\\ 4.34\leqslant\sqrt{T_{32}^{\ 2}+T_{31}^{\ 2}+T_{22}^{\ 2}+T_{21}^{\ 2}+T_{12}^{\ 2}+T_{11}^{\ 2}}\leqslant 7.81\end{cases} \tag{18}$$

基于以上确立的目标函数与约束条件，运用改进型遗传算法开展多功能一体化复合外墙板公差分配的优化研究工作。全过程分析流程如图 5 所示。

为验证所提方法的有效性及准确性，同步采用传统遗传算法进行对比分析。具体参数设置如表 1 所示。

3.5　公差分配优化结果

依据表 1 设定的参数进行求解运算后，获得的多功能一体化复合外墙板公差分配优化结果如图 6 和图 7 所示。通过将改进遗传算法的分配结果与传统遗传算法的结果进行对比分析(表 2)，可进一步评估算法性能差异。

由图 6 和图 7 可知：在相同迭代次数条件下，改进遗传算法的目标函数值显著降低至 1.0425，相较于传统遗传算法的 1.1746，综合成本系数降幅达 11.25%。该结果验证了所提公差分配优化方法的有效性。

表 2 数据显示：改进遗传算法生成的分配公差较传统方法有所区别，但对应综合成本系数总和更

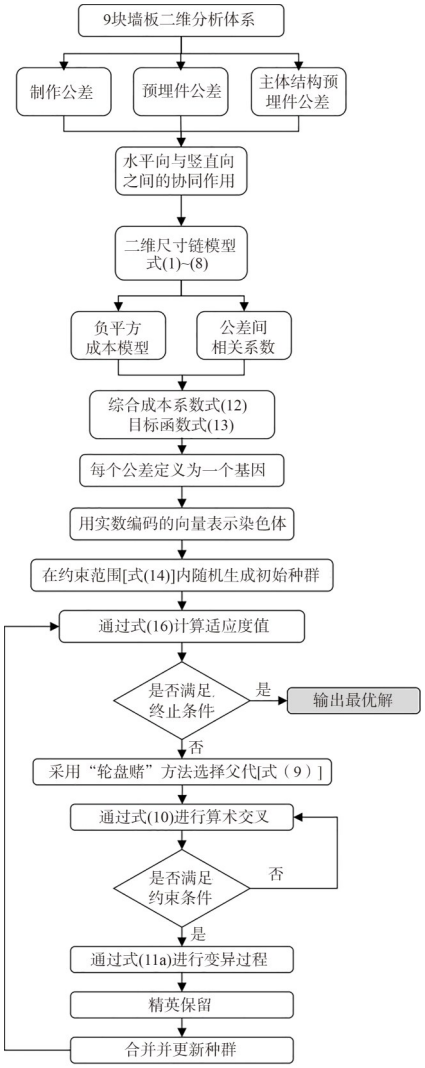


图5 基于改进遗传算法的公差分配优化分析流程

Fig. 5 Flowchart of tolerance allocation optimization analysis based on improved genetic algorithm

表1 优化方法主要参数设置

Table 1 Main parameter settings of optimization method

参数类型	传统遗传算法	改进遗传算法
种群规模	50	50
交叉概率	0.8	0.8
变异概率	0.01	0.01
迭代次数	200	200
精英个数	—	5

小,表明在满足工程精度要求的前提下,采用本文所提方法可获得更优的分配方案。

4 结 论

针对多功能一体化复合外墙板在制作、预埋件定位及主体结构预埋件配合中存在的复杂公差分配难题,创新性地提出了一种基于综合成本系数驱动的公差优化分配方法。该方法融合了改进型遗传算法与工程实践需求,主要结论如下:

1)构建了二维尺寸链模型体系。针对实际安装过程中复合外墙板的协同关系,构建了以9块标准板为研究对象的二维尺寸链模型。通过建立纵向接缝尺寸链方程、横向接缝尺寸链方程及对角线尺寸链方程,表明了各方向尺寸的耦合关系,为后续公差分配提供基础。

2)提出了综合成本系数驱动的优化方法。基于改进遗传算法框架,引入精英保留策略增强算法收敛性,构建了以综合成本系数(涵盖工艺难度、材料成本、工人技能水平等维度)为驱动的公差分配优化模型。通过建立多目标优化函数及可行性约束条件,实现了公差分配方案的经济性与可制造性的协同优化。

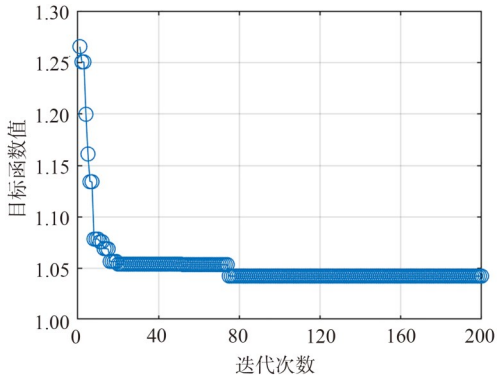


图6 改进遗传算法迭代过程

Fig. 6 Improved genetic algorithm iteration process

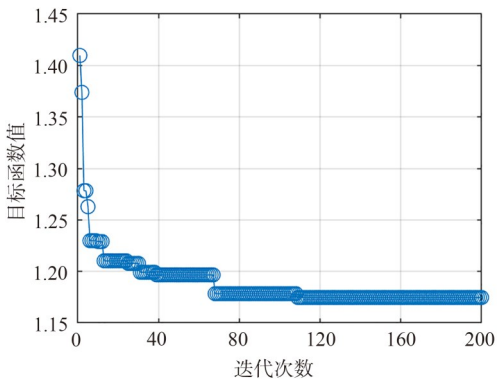


图7 传统遗传算法迭代过程

Fig. 7 Iterative process of traditional genetic algorithm

表2 公差分配优化结果对比

Table 2 Comparison of tolerance allocation optimization results

方法	公差					
	T_{11}	T_{12}	T_{21}	T_{22}	T_{31}	T_{32}
改进遗传算法	3.4007	2.9895	3.6498	3.5846	3.3799	1.6784
传统遗传算法	3.6273	3.5043	3.7409	3.2999	2.8476	1.4899

3)验证了方法的准确性与有效性。通过与传统遗传算法的对比,验证了所提方法在工程应用中的优势。结果表明,该方法获得的公差分配方案使综合成本系数较传统方案降低 11.25%,充分证明了该方法在保证工程精度的前提下,具有更优的成本系数控制能力。

4)本文聚焦复合外墙板的竖向接缝、横向接缝和对角线等安装公差,暂未考虑平整度、偏转角的影响及现场使用中的不等分公差分配情况。未来将通过引入三维激光扫描、高精度倾角传感器等测量方式,获取更全面数据,并对上述情况开展专项研究,以进一步完善研究成果。

参　考　文　献

[1] 刘晨昱,吴京,顾云凡,等. 装配式建筑预制构件自动化安装方法[J]. 清华大学学报(自然科学版),2024, 64(12): 1-10.

[2] 袁振民,张琦,常远,等. 耦合协调度视角下装配式建筑精益施工能力与效益关系评估研究[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(9): 2540-2550.

[3] 王林华,陈耀文,刘衍,等. 装配式建筑预制墙板综合评价研究综述[J]. 建筑科学, 2025, 41(2) :1-8.

[4] GUNAWARDENA T, MENDIS P. Prefabricated building systems-design and construction [J]. Encyclopedia, 2022, 2(1): 70-95.

[5] BURGESS R A. Aspects of dimensional control in the production of large precast concrete units[J]. The International Journal of Production Research, 1972, 10(2): 113-127.

[6] 罗小勇,刘鹏. 装配式建筑公差理论及其工程应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.

[7] 董霜. 基于尺寸链的装配式混凝土结构安装公差控制方法研究[D]. 长沙:中南大学, 2022.

[8] 张弘,黄杰,崔巍文,等. 面向设计建造一体化的装配式建筑误差理论初探[J]. 新建筑, 2022(4): 31-35.

[9] 刘鹏,罗小勇,陈颖,等. 装配式建筑混凝土构件公差控制研究[J]. 建筑结构, 2018, 48(增刊2): 699-706.

[10] 刘鹏,陈颖,罗小勇,等. 装配式建筑混凝土构件公差控制国内外标准分析[J]. 建筑科学与工程学报, 2018, 35(6): 41-49.

[11] LONG H, LUO X, LIU J, et al. The analysis and application of installation tolerances in prefabricated construction based on the dimensional chain theory[J]. Buildings, 2023, 13(7): 1799.

[12] 高晓明,郁银泉,李晓明,等. 基于概率统计的我国装配式建筑公差体系[J]. 工业建筑, 2020, 50(8): 5-9.

[13] LIU P, CHEN Y, LUO X, et al. Dimensional tolerance control for prefabricated building components [J]. ACI Structural Journal, 2019, 116(4): 101-114.

[14] 于涛,李道辉,韩义强,等. 基于粒子群算法的公差分配优化方法[J]. 工具技术, 2016, 50(9): 109-112.

[15] 程彬彬,黄美发,庞静娜,等. 面向公差原则的装配体公差优化分配[J]. 机械设计与制造, 2024(8): 152-155.

[16] 梁洛萌,陈松航,陈豪. 基于遗传算法的立体仓库分拣优化[J]. 信息技术, 2022(1): 16-20.

[17] 张梦婷,于淼,孔凡文. 基于遗传算法的装配式建筑项目资源均衡[J]. 土木工程与管理学报, 2020, 37(5): 169-175.

[18] 张永亮,陈旭,姚家胜,等. 基于改进遗传算法的电机公差优化设计[J]. 机械强度, 2021, 43(3): 608-614.

[19] EIBEN A E, AARTS E H L, HEE K M V . Global convergence of genetic algorithms: a markov chain analysis [J]. Springer Berlin Heidelberg, 1990,496: 3-12.

[20] 张康锋,李蓓智,王庆霞. 串行布置的多装配尺寸链组公差分配优化设计[J]. 制造业自动化, 2022, 44(6): 12-16.

[21] CHASE K W, GREENWOOD W H, LOOSLI B G ,et al. Least cost tolerance allocation for mechanical assemblies with automated process selection [J]. Manufacturing Review, 1990, 3(1): 49-59.