

基于人工蜂群算法的装配式建筑施工现场布置优化

刘海波^{1,2,3} 任颖⁴

1. 重庆大学土木工程学院 重庆 400045
2. 重庆华姿装饰工程有限公司 重庆 400045
3. 华姿建设集团有限公司 重庆 400045
4. 中机中联工程有限公司 重庆 400045

摘要: 装配式建筑是建筑领域践行绿色发展理念的重要着力点,与传统建筑相比,装配式建筑具有施工速度快、资源消耗低、施工污染少等优点,因此近年来装配式建筑在建筑行业发展迅速。本文旨在探讨如何将人工蜂群算法应用于装配式建筑施工现场布置优化,以提高施工效率、降低成本,为装配式建筑行业的发展提供新的思路和方法。通过对人工蜂群算法的原理、优化策略以及在实际应用中的效果进行分析,将为装配式建筑施工现场布置优化提供一种新的解决方案。

关键词: 人工蜂群算法; 装配式建筑; 施工现场; 布置优化

1 人工蜂群算法原理及特点

人工蜂群算法作为一种创新的群体智能策略,其核心思想是模拟蜜蜂在自然界中的采蜜行为来求解目标问题。在这一过程中,蜜蜂群体内部展开信息交流与共享,每个成员承担特定角色并执行相应职责。一旦有蜜蜂发现优质蜜源,便通过特有的舞蹈向同伴传递位置信息,确保全体成员能够共同享用资源,并快速锁定蜜源最为丰富之地。算法将蜜蜂的行为和角色映射至算法的各个要素,将寻蜜过程转化为搜索问题最优解的过程,借助已采集的蜜源(即解)信息来探索新的可能解,进而定位问题的最佳解。与传统的数学方法相比,人工蜂群算法具备较强的全局搜索能力,同时收敛性良好;具备鲁棒性,无需深入了解问题特定信息,只需进行优劣比较,能应对多种类型的问题;算法参数数量较少,结构简洁。然而,现有研究也指出人工蜂群算法存在一些不足,如收敛速度慢、精度不高,易陷入局部最优解,以及对初始解的选择较为敏感等问题。

2 装配式建筑施工现场布置内容

2.1 优先布置办公区、居住区、施工区区域

工作区、生活区、建设区需设立隔离栏,各自保持独立性的同时,还需保持必要的互通性。在交通布置上,若场地条件有限,或是办公区必须穿越施工区,则需设立安全通道,该通道的设计应根据现场实际需求进行,并确保满足消防要求。通常,车辆通道的宽度至少应为2.7米,而行人通道的宽度则控制在1.2至1.8米之间。

作者简介: 刘海波(1988年—),男,硕士研究生,主要研究方向为智能建造。

2.2 明确工地主要道路走向及分支施工路径。

针对施工区域的具体场地条件及其邻近道路状况,现场主要通行道路通常宽度设定在5至6米,连接施工场地入口与主要施工区。而辅助施工通道的宽度大约在3至4米,环绕在待建项目周边。设置临时施工通道时,需全面考虑运输材料、预制件等所需的车辆行驶及调转空间,尤其是那些超尺寸的运输车辆。常规情况下,运输预制件的道路布局可采取以下三种规划:位于红线内的施工通道应保持平整牢固,满足运输车辆的宽度及转弯半径需求,可使用200毫米的石粉渣和200毫米的C30混凝土进行路面硬化。利用周边现存的市政道路:若需占用市政道路以缓解交通或因场地条件限制,应办理占道手续,并获得相应管理部门的许可。在地下室顶板设置道路:若场地空间极度受限,不得让构件运输车辆通行地下室顶板,应首选地下室顶板的消防通道,并须由设计院对荷载进行复核,通过采取加固筋或增加回顶等加固措施,确保车辆安全行驶。

2.3 办公场所的暂时配置

依据施工场地的具体情况、周遭环境状况、地质及水文资料、承包合同的具体条款、待建项目的规模大小以及参与建设的各管理岗位人员配置、人员编制和工程期限等要素,合理规划办公场所的搭建规模及其平面布局位置,同时配备必要的设施,例如电力供应、水资源、卫生设施及污水处理系统等。在条件允许的情况下,还可以规划停车场、运动场等休闲活动区域。在办公区域的规划上,还需细致考虑施工管理人员的职能分工,合理分配办公空间,并兼顾到建设单位、监理单位

以及各专项分包施工队伍的办公场所配置。

2.4 居住区临时设施布置

住宅区域需进行综合规划,确保其布局科学合理,达到安全、消防、卫生防疫及环保的相关标准。依据整体劳动力变动预测,预测劳动力高峰期居住人数,以此确定宿舍、食堂、沐浴间、洗手间等生活设施的建设规模,并配备必要的生存支持系统,包括供水、供电、卫生清理及污水处理等。临时住所应确保安全稳固,外观整洁,且符合国家消防安全规范,杜绝采用可燃或爆炸性材料进行建设。在条件允许的情况下,还应考虑设置医疗站点、小型超市、娱乐室等辅助设施,并规划劳动者的停车区域,如有需求,还应提供充电装置。

2.5 施工区主要临时设施布置

依据工程总体进度安排及装配式建筑的特殊要求,施工区域内的临时构筑物需规划较大规模的仓储空间,用以储存施工过程中所需的各种耗材、工具等物品。同时,还需配备专门的材料存放室,例如为铝模分包队伍设立存放铝模板钉、销片的房间,为脚手架分包队伍准备放置脚手架机位材料、高强度螺栓等的场所。另外,应设立用于堆放小型工具的临时工具房、机修工作间、配电室以及机电安装用管道加工间等辅助设施。在设计施工区临时工房及场地时,必须综合考虑临时建筑的实际使用需求,确保留出充裕空间,方便工作人员操作及人、料的顺畅通行。

2.6 主要加工场地设置

工作区域的规划布局对施工流程的顺畅至关重要,它不仅直接决定施工效率,还与企业经济效益紧密相连。因此,在规划工作区域时,应从项目的整体施工周期出发,确保其规划是科学化、合理化、经济化且适用于实际操作。工作区域的位置应处于塔吊作业范围内,并尽可能接近施工一线。对于钢筋、模板、机电以及金属门窗(如有涉及)等材料的加工区,必须考虑到半成品及成品的储存问题。同时,材料的加工与存放区域还应便于运输车辆的进出,确保其安全性与效率,同时满足成品、半成品的运输需求。

2.7 主要材料或周转材料的堆场

依据工程特性及施工进展状况,灵活调整不同类型材料暂存区的布局,确保这些区域的规模能够配合施工需求。在主体结构施工期间,须设立包含预制件、工具化模板、工具化脚手架、循环使用材料、预制内分隔墙体、砌块以及(如有必要)钢结构部件的专用堆场。至于在装修阶段,则需根据各类装修材料的独特性质,分别规划堆放区域,并确保装修材料堆场执行有效的防腐

蚀、防潮湿和防晒措施。此外,这些材料堆场应尽可能设置在加工场所或材料使用地点的邻近位置。

2.8 临时用电主配电间和配电箱的布置

在施工过程中,临时用电体系及其配置必须遵守国家相关规范以及地方各级政府的规定,并严格实施“三阶供电双级漏电保护、单机独立闸漏电保护装置及专用配电箱”的布电原则。配电箱须选用合规产品,内置电器元件应保证完整且质量达标。在实施三阶供电时,可通过在适宜位置设立分配电室来缩短供电线路的总长度,并在分配电室内依次布置二级与三级配电箱。同时,应确保二级与三级配电箱尽可能地贴近用电场所。对于塔吊、施工电梯等重型机械的电力供应,应单独布设专用供电线路。

3 人工蜂群算法下装配式建筑施工现场布置优化措施

3.1 项目概况

以某装配式住宅工程为例进行分析,其整体占地面积达到9493.52平方米,其中地面部分覆盖面积为8409.44平方米,而地下部分则为1084.08平方米。地上部分由18层楼组成,而地下部分则设有两层。在建筑预制装配方面,采用了楼层叠合板以及楼梯梯段,而其他部分则选择了现场浇筑的方式进行施工。

3.2 装配式建筑场地布置数据分析

3.2.1 场地信息

施工地界定的建筑物定位点为(55,25),而塔吊的设置点定位于(50,40),其与建筑物的连接距离保持在6米,这一设置符合公式(19)的要求。另外,办公区S11的标定坐标为(7,65)。

在该施工区域,选用了QTZ5613型号的塔式起重机,该机型的关键参数详见表1。其中,预制叠合板的最大载重为1.57吨,预制楼梯的重量为1.6吨,其他构件的重量则以1.2吨计算,确保了现场所有区域塔吊的吊装能力。参照QTZ5613型塔吊的起重性能曲线,预制构件的堆放场应位于49.75米的起重半径内,即RAD值设定为49.75米,而其他堆场的RAD值则按照56米来规划。

表1 QTZ5613型塔式起重机参数信息

参数名称	数值	单位
最小起重量	1.3	t
最大起重量	6	t
负载回转速度 V_w	0.3	r/min
空载回转速度 V_{wn}	0.6	r/min
牵引速度 V_f	44	m/min
顶升速度 V_h	40	m/min

3.2.2 临时设施信息

在实施现场规划时，重点在于合理安排生产区域的临时构筑物布局。依照最小包容矩形法确定了预制件堆场S1、S2的占地面积，而其它临时设施的占地面积则是参照《建筑施工手册》的相关规定进行计算。具体的临时设施配置信息详见表2。在本例中，涉及的吊装材料包括叠合板、楼梯、钢筋、木材以及钢管，其中钢管被安置在循环材料存放区。

表2 待布置临时设施信息

临时设施编号	设施名称	设施尺寸	
		长度/m	宽度/m
S ₁	预制叠合板堆放区	16	7
S ₂	预制楼梯堆放区	5	5
S ₃	钢筋加工堆放棚	24	18
S ₄	模板堆放区	12	12
S ₅	木工一体板加工棚	10	10
S ₆	周转材料堆放区	20	12
S ₇	材料仓库	12	12
S ₈	建筑垃圾堆放区	10	5

3.3 场地布置方案优化及筛选结果

3.3.1 优化结果

依据收集到的数据资料，在本实验室的MatlabR 2022b环境中对该模型进行了运算。对于M型人工蜂群算法，参数的具体配置为：群体数量为200，循环迭代的上限为500次，MABC算法运行的Pareto解集图如图1所示。

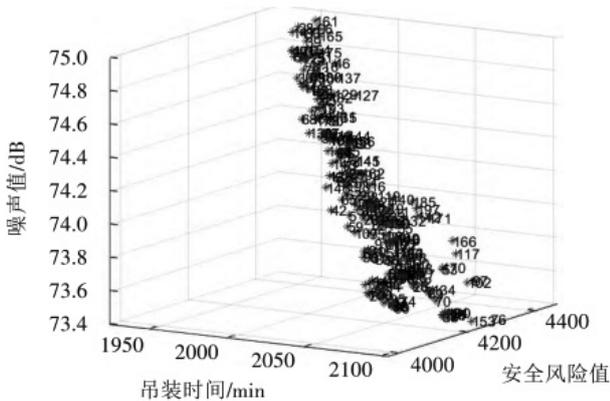


图1 MABC算法运行的Pareto解集图

观察到目标函数数值的变动情况，可以发现随着吊装作业时间F1的缩短，安全风险指标F2和噪声污染程度F3均呈现上升趋势。这一现象说明吊装时间F1与安全风险F2及噪声污染F3之间存在关联性。当建筑材料堆场紧邻施工区域时，吊装作业所需时间F1相应减少，但与此同时，设施的安全风险和产生的噪音也会相应增加。从中选择3种布置差异较大的Pareto最优解作为场地布置的优化方案，这3种方案的目标函数值如表3所示。

表3 3种方案的目标函数值

方案编号	F ₁ /min	F ₂	F ₃ /dB
方案1	2093.62	4437.39	74.55
方案2	1984.49	4502.30	73.56
方案3	2033.00	4565.98	73.45

3.3.2 优化策略选择

由五位现场专家依据步骤1至6进行评分，利用层次分析法（AHP）确定三个目标函数F1、F2、F3的权重系数分别为0.67、0.25、0.08。运用熵权法对这三个目标函数的权重系数进行计算，得出分别为0.35、0.34、0.31。结合公式（29），综合权重系数计算结果为F1、F2、F3分别为0.68、0.25、0.07。此外，现场管理者根据决策偏好及数据关联性分析，认为吊装时间F1相较于其他两个目标函数，对场地布置方案的影响更为显著。

在三种规划方案里，设施S1、S2、S3、S4以及S6由于紧邻塔吊和建筑物，有效地缩减了吊装作业所需时间，此外，预制构件堆场S1和S2的布局紧邻建筑物，符合堆场设置的相关规范。相较方案一和方案三，方案二中吊装作业时间最短可减少109分钟。在S3和S5区域，由于机械设备操作频繁，存在火灾和触电等安全隐患，同时，这两处的物料搬运频次较高，增加了与其他设施发生碰撞的可能性。在方案二中，S3和S5在确保满足相应条件的基础上，相对其他设施位置更远，而在方案一中，S3紧邻建筑物和塔吊，碰撞风险较高，不利于安全防护。与此同时，与方案三相比，方案二的安全风险指数下降了64点，因此，方案二在安全风险控制方面表现最优，场地布置更为合理。对于办公室S11这一噪声敏感点，S3和S5作为主要噪声源，在三种方案中都保持了相对较远的距离，因此三种方案的噪声影响差异不大。

相较于方案一和方案三，方案二在吊装作业所需时间上减少了109分钟，安全风险指数下降了64点，同时噪音级别也降低了1分贝。这三项关键指标均有显著改善，因此可以认为方案二在场地布局方面更具合理性。

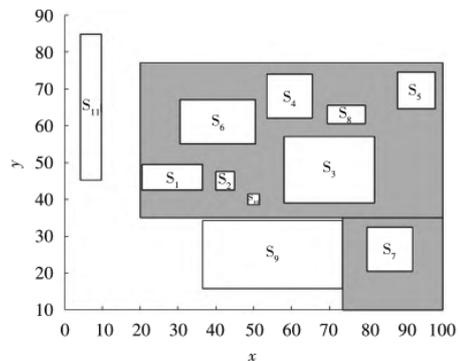


图2 优化场地布置图

结论

总之,基于人工蜂群算法的装配式建筑施工现场布置优化方法为施工现场布置提供了一种新的思路。随着研究的不断深入,该方法将在装配式建筑施工现场布置领域发挥越来越重要的作用。通过引入人工蜂群算法,我们成功实现了施工现场的智能化布置,提高了施工效率和质量。同时,该方法具有较强的适应性和可扩展性,可应用于各种施工现场布置优化问题。希望通过本文的研究成果,为我国装配式建筑行业的发展贡献一份力量。

参考文献

- [1]崔邯龙,王雨露,孔凡涛,等.基于人工蜂群算法的装配式建筑施工现场布置优化[J].河南科学,2025,43(02):164-172.
- [2]杨子沫.基于智能优化算法的预制件厂选址与布局优化研究[D].安徽工业大学,2022.
- [3]白芸.人工蜂群算法的改进及其应用[D].西安科技大学,2018.
- [4]王旭.基于改进海豚群算法的装配式建筑资源调度研究[D].河北工程大学,2019.
- [5]李俊青.求解分布式装配式建筑逆向物流问题的离散人工蜂群算法[J].聊城大学学报(自然科学版),2018,31(02):102-110.