产业迭代背景下物流园区规划建筑弹性设计发展研究

赵华阳，赵柄尧，孙长庚，肖芳
机械工业第六设计研究院有限公司，河南 郑州 450000

DOI:10.61369/UAID.2026040069

摘　　要： 伴随产业持续迭代升级，物流园区的业务功能持续演变，场地空间需求也呈现较强的不确定性，传统静态规划思路很难适配这类动态变化。本文立足“空间技术管理”三元弹性协同逻辑，搭建由模块化建筑单元、通用化技术接口、数字孪生响应平台共同组成的设计体系，以此兼顾园区功能重构能力与整体运营韧性。经多情景仿真推演可以看出，采用这套设计思路能够加快园区空间调整效率，压缩功能改造周期，提升场地复用水平，同时减少改造阶段成本与碳排放。文章进一步搭建“弹性阈值响应速度调整成本”三维评价模型，把过去依靠经验判断的弹性设计转化为可量化的评估方式，可为物流园区全生命周期适应性规划建设提供理论参考与实践思路。

关 键 词： 建筑弹性设计；三元协同机制；空间再利用效率；数字孪生；弹性阈值；动态响应能力

Research on the Development of Flexible Architectural Design in Logistics Parks under the Context of Industrial Iteration

Zhao Huayang, Zhao Bingyao, Sun Changgeng, Xiao Fang
SIPPR Engineering Group Co.,Ltd., Zhengzhou, Henan 450000

Abstract: With continuous iteration and upgrading of industries, the business functions of logistics parks are evolving, and the demand for site space is showing strong uncertainty. Traditional static planning approaches struggle to adapt to such dynamic changes. This paper, based on the "space–technology–management" tripartite elastic synergy logic, establishes a design system composed of modular building units, universal technical interfaces, and digital twin response platforms, thereby balancing the park's functional restructuring capability with overall operational resilience. Through multi–scenario simulation, it can be seen that adopting this design approach can accelerate spatial adjustment efficiency, shorten functional renovation cycles, enhance site reuse levels, while reducing renovation costs and carbon emissions. The article further develops a three–dimensional evaluation model of "elastic threshold–response speed–adjustment cost," transforming previously experience–based elastic design into a quantifiable assessment method, providing theoretical references and practical insights for the adaptive planning and construction of logistics parks throughout their life cycle.

Keywords: architectural resilience design; tripartite synergy mechanism; spatial reuse efficiency; digital twin; resilience threshold; dynamic response capability

引言

产业迭代加速、新技术不断落地的大背景下，物流园区承担产业链、供应链枢纽的角色，需要面对业务业态更新快、市场需求波动大、功能复合程度不断提高的现实状况。过去依靠静态功能分区的规划方式，很难适配多变的空间诉求，容易出现园区功能更新跟不上产业变化、土地利用效率偏低、运营开销增加等问题[1]。建筑弹性设计是保障物流园区全生命周期适应能力的重要方式，核心目标是让场地布局具备调整余地，建筑功能能够灵活重组。现有相关研究大多偏向单项技术落地或是静态平面布局优化，较少从“空间技术管理”三个维度开展协同层面的综合研究[2]。智慧物流和数字化技术的普及，为弹性设计落地创造了技术条件，但实际项目当中依旧缺少成熟的弹性评判手段，情景仿真工具应用不够完善，配套政策保障也有待补齐[3]。因此需要结合产业发展演化规律与弹性阈值评价思路，搭建一套完整的规划设计框架。

作者简介：
赵华阳，工程师，研究方向：建筑设计、建筑规划；
赵柄尧，工程师，研究方向：建筑设计、建筑规划；
孙长庚，工程师，研究方向：建筑设计、建筑规划；
肖芳，高级工程师，研究方向：建筑设计、建筑规划。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

一、产业迭代与物流园区空间演化趋势

技术迭代节奏持续加快，各类新兴物流业态不断涌现，使得整个产业系统的动态性与复杂程度持续提高。从行业发展趋势来看，物流园区的功能迭代节奏相比过去明显加快，空间建设也不再仅仅满足当下业务的使用需求，还要兼顾后续产业变化带来的发展需要，要求园区拥有功能重组、弹性用地预留、多业务场景兼容等综合能力。建筑层面的弹性设计思路也随之发生转变，不再简单依靠预留大片闲置用地，转而追求功能可调、设备接口通用、管理制度灵活，依托标准化设备接口、可拆装隔断构件、智能管控系统，达成实体空间和运营模式之间的动态适配。弹性设计理念与行业高质量发展的导向高度契合，借助可变的空间结构与灵活的功能布局，能够在不扩大建设用地规模的基础上挖掘园区服务潜力。另外模块化的建筑构造也方便后期设备迭代更新以及节能化改造，降低资源消耗，削减项目全周期碳足迹。

（一）产业迭代特征及其空间响应需求

产业不断发展演进，突出表现为技术更新节奏加快、新兴业态持续落地、市场业务需求波动加大。智能仓储、即时配送、跨境供应链等新模式逐步普及，加剧了园区内部物流、信息、资金要素相互流转的频次与复杂程度。面对这样的发展环境，物流园区的空间建设不能只立足于适配当下业务，还应当预判产业后续演变，具备功能重组、用地弹性预留、适配多种业务场景的综合条件。已有实践证明，采用弹性化思路建设的园区，处理业务突发增长时空间调节能力优于传统规划模式，也能够减少功能改造环节产生的资源损耗[4]。而空间弹性并不只局限于预留用地规模、模块化建筑构造这类物理硬件层面，还包含设备接口兼容度、运营管理制度的灵活适配等软件管理维度。

（二）建筑弹性设计的内在逻辑与演化路径

建筑弹性设计是化解发展不确定性的重要规划思路，其建设重心已经不再局限于简单预留发展用地，转而追求功能可调、设备接口通用、管理制度灵活。早期物流园区规划常常预留15%20% 的闲置用地，用来承接后续业务扩张，但该方式很容易造成土地闲置，拉低整体空间利用效益。现阶段的弹性设计，更多依靠通用设备接口、可拆装隔断构件、可变荷载建筑结构以及智能管控系统，完成实体空间与运营模式之间的适配调整。部分项目实践已经可以完成仓储、分拣功能区块的模块化改造切换，能够在较短周期内完成功能转换，有效提高场地使用灵活度。除此之外，弹性设计也不再仅仅聚焦建筑物理空间，还延伸到运营管理制度层面：借助动态入驻准入规则、灵活的租赁模式以及资源共享平台，推动管理制度和场地空间形态同步迭代。这种发展变化，代表园区建设由单纯的空间维度弹性，向着整体系统、管理制度多重弹性共同发展，帮助园区更好地抵御技术迭代与市场波动带来的各类风险。

（三）弹性设计与高质量发展目标的内在统一

推行弹性设计，除了能够改善场地利用水平之外，还可以助力物流园区完成存量用地提质、新增用地增效的发展目标。立足于土地集约利用的发展要求，灵活可变的空间结构与动态可调的功能布局，能够在不向外拓展建设用地的基础上挖掘园区的服务承载潜力。与此同时，弹性设计理念和绿色发展诉求能够相互适配：模块化的建筑形式方便后期设备迭代与节能改造工作，减少资源消耗，降低项目碳足迹。已有低碳园区项目采用可拆卸建筑构件搭配分布式能源体系，有效压缩单位面积能耗，在功能改造阶段提高建筑材料的重复利用率。除此之外，弹性设计也为园区智慧化升级创造条件，规划阶段预留智能设备接口与数据传输通道，能够为数字孪生、物联网管控平台打下硬件基础。多重条件相互结合，能够将物流园区打造成为兼顾空间灵活性、技术智能化、管理协同化的新型产业载体，为行业高质量发展提供可行的建设思路。

二、产业迭代特征与建筑弹性设计的匹配机制构建

产业形态由单一功能向复合生态演进，技术路径由线性迭代向系统重构跃迁，空间承载能力必须从静态供给转向动态响应。基于产业演化规律，提炼技术革新、需求波动、产业融合、智慧赋能与绿色转型五大核心特征，对应功能可重构性、弹性扩展性、多场景兼容性、系统集成性与环境适配性等空间需求。

（一）产业迭代特征与空间需求的系统化匹配

产业领域技术迭代节奏不断加快，对建筑体系提出单元模块化、接口通用化、功能可重组的现实要求。采用模块化建设思路，能够有效压缩园区功能改造的周期。面对市场需求的起伏变化，弹性规划布局可借助预留待开发地块、设置可变承载空间完成动态适配，在业务规模短期激增的情况下改善场地利用水平。伴随不同业态相互融合，物流园区产生大量复合化使用诉求，具备多场景适配能力的园区，能够加快功能转换效率，削减空间改造的相关投入。数字化智慧建设层面，通用化设备接口便于各类硬件快速接入系统，降低设备部署调试的难度。面向绿色低碳发展诉求，园区空间还需要兼顾能源适配能力，综合运用各类绿色技术，以此控制建筑能耗，削减项目全周期碳排放。关于产业迭代特征与物流园区空间需求之间的对应关系可参见表 1。

表1 产业迭代特征与物流园区空间需求匹配表

产业迭代特征	空间需求类型	核心应对策略	匹配机制
技术革新	功能可重构性	模块化单元设计	动态响应机制
需求波动性	空间预留与弹性扩展	弹性布局	适应性评估
产业融合	多场景兼容性	界面可调性设计	功能延展机制
智慧物流	系统集成与即插即用	标准化接口	智能协同响应
绿色低碳	能源与环境适配	绿色技术集成	生命周期适应

（二）建筑弹性设计核心要素的分类与实现路径

结构柔性改造依靠模块化建筑体系达成场地功能的灵活重组，便于园区根据业务变化调整空间形态。技术可调则重点落实设备接口的通用化处理，搭建可兼容多类硬件的智能调度平台，简化设备调试与接入流程。功能延展性强调规划阶段预留一定规模的弹性用地，以此支撑园区完成多种业务场景之间的切换。制度层面的弹性建设，包含土地用途灵活管控、建筑使用许可动态调整等内容，以此压缩项目功能变更的审批耗时。建筑弹性设计各项核心要素的划分及其落地方式详见表 2。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

表2 建筑弹性设计核心要素分类表

弹性维度	关键要素	实现路径	支撑机制
结构柔性化	可变布局	模块化体系	功能重组
技术可调性	接口标准化	智能调度	动态响应
功能延展性	空间预留	多场景切换	生命周期适应
制度弹性化	弹性政策	动态配置	全周期管理
评估系统化	阈值量化	仿真推演	算法支持

（三）三元弹性协同机制的构建路径

结构柔性、技术可调以及功能延展，需要制度弹性作为保障条件，共同构成一套相互配合的运行体系。将三者结合，能够形成 “可变空间智能接口动态政策” 的协同建设思路，依托算法驱动的仿真推演工具，完成多类发展情景下的综合评估分析。在这套协同思路的作用下，园区可以改变以往被动应对市场变化的模式，转向对产业发展变化进行提前研判，提升空间调整能力与场地复用水平。

三、讨论

伴随产业迭代，物流园区呈现出明显的动态演化特征，传统静态规划模式很难化解功能需求不确定、空间改造成本偏高等现实难题。本文搭建 “特征需求策略机制” 四维匹配分析框架，以此改善物流园区的空间适配水平与运营抗风险能力。经过多情景推演分析，这套框架能够加快园区空间调整效率，压缩功能改造周期，提升场地复用水平，整体应用效果优于传统规划手段。

从功能重构角度来看，将模块化单元体系和人工智能智能调度平台相互结合，能够改善空间调整的效率与准确度。模块化设计采用标准化构件与可拆卸连接构造，空间单元可以快速拆解重组，规避传统改造模式下拆除工程量大、项目停工周期久等弊端。依托数字孪生平台开展动态调度，能够提前研判功能调整需求，输出适配的空间配置方案。该运行机制在多情景模拟当中表现出较好的稳定性，面对电商物流向冷链、保税仓储等新业态转型的场景，能够展现较强的适配能力。已有研究证实，模块化建造模式可以削减建筑改造的投入成本，对提升空间灵活性具备实际作用[5]。与此同时，智能调度系统整合历史运营记录与实时物流流量信息，优化资源分配方式，减少场地空间闲置浪费，进一步提高空间复用效益。

园区绿色低碳目标的落地，离不开各类节能技术的整合运用以及分布式能源体系的协同运转。把光伏建筑一体化（BIPV）、高性能保温围护材料、智能照明系统组合应用，能够有效压低园区碳排放水平，该结论也和现有绿色物流园区的工程实践相吻合，印证绿色技术对提升生态效益的实际作用。分布式能源体系既可以保障供电可靠性，也能够完成本地可再生能源消纳，减少园区对外部公共电网的依赖。该类技术组合既契合国内 “双碳” 发展要求，也能够提升园区应对能源价格波动风险的能力。制度层面，弹性用地相关试点政策的落地，能够缓解功能置换过程中的审批流程冗长问题[6]。

本研究虽然完成模型搭建与情景推演分析，但研究成果仍存在一定适用局限。案例样本主要选取城市核心区域物流园区，缺少中小城市以及偏远地区园区作为参照，因此研究结论在空间条件差异较大的区域不一定完全适用。除此之外，现阶段弹性阈值的量化标准还处在探索阶段，尚未充分把区域政策差别、市场波动等动态要素纳入评估体系，还需要依靠长期观测、跨区域案例对比不断完善标定。后续研究可以扩大样本范围，开展多类型、跨区域园区的对比实证分析，完善弹性阈值动态判定方法；同时助力弹性用地相关政策完善以及国家层面标准建设，推动弹性设计理念在园区全生命周期规划当中形成规范化、制度化的应用模式。

综上所述，本文搭建 “特征需求策略机制” 四维匹配分析框架，梳理出产业迭代发展规律与建筑弹性设计之间的内在关联。借助多情景推演可以发现，这套分析框架能够加快园区空间调整效率，压缩功能改造周期，提升场地的重复利用水平。本文的核心创新点在于建立 “空间技术管理” 三元协同弹性模型，同时搭建起由弹性阈值、响应速度、调整成本共同组成的三维量化评价体系。虽然本次研究的样本以城市典型物流园区为主，但总结得到的核心机制具备较好的推广参考价值。后续研究可以扩大调研范围，开展跨地域、多类型物流园区的对比实证，助力弹性用地相关政策完善与国家行业标准的制定，推动弹性设计理念在园区全生命周期规划工作中得到规范化落地。

参考文献

[1] 安家露，常丞昊，丁紫怡 . 基于模块化设计的物流园区平面布局规划与优化研究 [J]. 中国储运，2026(1):186-187.

[2] 朱震 . 物流园区规划设计研究——以合肥派河国际综合物流园为例 [J]. 工程技术研究，2023(4):168-170.

[3] 徐雅婷，王婷静，周煜，等 . 四省边际中心城市物流园区规划设计研究——以衢州物流园区规划建设为例 [J]. 四川建筑，2021(5):4-6.

[4] 薛玉春 . 绿色物流园区的建筑设计与布局规划——以无锡为例 [J]. 时代漫游，2024(3):228-230.

[5] 刘浩 . 绿色物流园区的建筑设计与布局规划探究 [J]. 工程抗震与加固改造，2024(6):I0010.

[6] 孙帅丽 . 煤炭物流园区建筑物空间布局规划设计 [J]. 中国储运，2022(3):101-103.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.