低碳导向下物流园区建筑规划适应性设计策略研究

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

DOI:10.61369/UAID.2026040066

摘　　要： “双碳”目标的推进以及物流业态的快速演变，使物流园区不仅需要控制建设和运营过程中的能源消耗，还需要应对货运规模、作业模式、运输结构及能源需求不断变化所带来的空间调整问题。传统以确定性需求为基础的功能配置方式容易造成建筑空间固化，并增加后续改造中的资源消耗。基于此，本文将适应性理念引入物流园区低碳规划，从空间配置、交通运行、建筑性能、能源供给及后期更新等方面梳理现有规划中的突出问题。在此基础上，提出分层组织建筑空间、强化建筑被动式性能、改善多式联运衔接、建立可扩展能源基础设施以及实施全生命周期更新管理等策略。研究表明，将低碳目标与适应性设计结合，有助于提高建筑和基础设施面对物流需求变化时的调整能力，减少因功能重构产生的拆改与重复投入，使园区减碳由建设初期的技术配置延伸至长期运营和更新过程，可为物流园区新建及存量改造提供规划思路。

关 键 词： 低碳物流园区；适应性设计；建筑规划；多式联运；综合能源

Research on Adaptive Design Strategies for Architectural Planning of Logistics Parks under Low-Carbon Orientation

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

Abstract: The advancement of the “double carbon” goals and the rapid evolution of logistics formats have made it necessary for logistics parks not only to control energy consumption during construction and operation, but also to address issues related to spatial adjustments caused by changes in cargo volumes, operational modes, transportation structures, and energy demands. Traditional functional configuration methods, which are based on deterministic demand, can lead to rigid building spaces and increased resource consumption during subsequent renovations. Therefore, this paper introduces the concept of adaptability into the low-carbon planning of logistics parks, identifying key issues in existing plans related to spatial configuration, traffic operations, building performance, energy supply, and post-construction updates. Based on this, strategies are proposed, including stratified organization of building spaces, enhancement of passive building performance, improvement of multimodal transport connections, establishment of scalable energy infrastructure, and implementation of life-cycle update management. Research has shown that combining low-carbon goals with adaptive design can enhance the ability of buildings and infrastructure to adapt to changes in logistics demands, reduce disruptions and repeated investments caused by functional reconfiguration, and extend the application of carbon reduction from the initial technical configuration phase to long-term operations and updates. This approach can provide planning insights for the construction of new logistics parks and the retrofitting of existing ones.

Keywords: **Low-carbon logistics park; adaptive design; architectural planning; multimodal transportation; integrated energy sources**

引言

物流园区集货物存储、加工分拣、运输转换、装卸配送及管理服务等功能于一体。与普通产业园区相比，其能源消耗不仅来自建筑

作者简介：
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；
赵柄尧，工程师，研究方向：建筑设计、建筑规划；
赵华阳，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.

环境调节和设备运行，还受到车辆周转、装卸效率以及货物流转路径的明显影响。因此，在“双碳”背景下，物流园区的减碳问题已经难以通过单纯提高建筑节能水平解决，而需要将场地建设、建筑使用、运输组织和后续改造纳入统一的规划视角。刘妍炯认为，绿色低碳要求应贯穿园区规划、建设和运营的全过程 [1]。

另一方面，物流活动并不是长期稳定的。货物类型、订单规模、仓储方式以及自动化设备更新均可能改变建筑空间的实际使用需求。随着智慧物流技术的发展，传统按照初始业务规模确定空间比例的设计方式更容易出现局部拥挤与局部闲置并存的问题。陈星豫指出，智慧物流园区的空间设计应与信息化运营方式形成协同关系 [2]。这意味着，园区的低碳性能不能只以某一时期的能源使用水平衡量，还需要关注建筑面对未来变化时需要付出的改造代价。

由此来看，低碳与适应性并非两个相互独立的规划目标。缺少调整能力的建筑可能随着业务变化频繁拆改，从而增加材料、施工和设备更换产生的额外碳排放；但如果片面追求可变性，又容易形成空间和设施过量配置。如何在合理控制建设规模的同时为未来变化保留必要余地，是物流园区规划需要解决的问题。基于这一认识，本文从空间、建筑、交通、能源和更新管理等层面讨论物流园区适应性设计方法，以期形成兼顾当前使用效率与长期低碳发展的规划策略。

一、低碳导向下物流园区适应性设计基础

（一）从运行节能拓展至生命周期减碳

物流园区的碳排放贯穿场地开发、材料生产与运输、建筑施工、设备运行、维护更新直至拆除处置等多个阶段。运行能耗虽然是重要组成部分，但如果建筑投入使用后频繁发生功能调整，拆除隔墙、改造机电系统以及替换物流设备同样会产生新的资源和能源消耗。

因此，低碳规划不能只比较建筑投入运行后的能耗指标，还应判断方案在较长使用周期内是否具有持续利用的可能。尤其对于仓储、分拣等容易受到物流技术影响的空间，如果结构尺度、设备区域和管线系统完全围绕某一时期的作业方式设置，未来功能变化往往需要付出较高的改造成本。规划设计需要适当降低建筑与单一业务模式之间的绑定程度，使主体空间在较长周期内保持利用价值，从源头减少非必要拆建。

（二）以有限弹性应对物流业务变化

适应性设计并不意味着建筑空间可以任意转换，其核心在于识别物流园区中变化频率不同的组成部分，并采用差异化设计方式。主体结构、消防体系和主要交通框架通常具有较长使用周期，应保持稳定；仓储布局、分拣设施及部分辅助功能变化相对频繁，则需要具备一定调整余地。

在单体设计中，可以综合柱网、净高、楼面承载能力、机电接口和消防分区等条件，提高不同物流功能之间重新配置的可能性。对于内部作业组织变化较频繁的区域，应控制永久性隔墙和专用构筑物数量，使设备位置和作业范围能够根据实际需求重新安排。相反，冷链、危险品仓储等具有特殊安全和环境要求的功能，应以专业技术标准为首要条件，不宜为了追求形式上的灵活而降低安全性能。

（三）由建筑单体优化转向系统协同

物流园区的建筑并非孤立运行。仓库、分拣中心、装卸平台以及停车和转换设施之间依靠货物流线连接，而这些活动又直接影响车辆能耗和设施负荷。因此，建筑适应性需要与交通组织、设备配置和能源供应共同考虑。

郑建平针对多式联运物流建筑的研究指出，运输方式与建筑空间布局之间具有较强关联 [3]。对于同时承担公路、铁路等运输转换功能的园区，如果换装节点与仓储作业面距离过大，即使单体建筑具有良好的节能性能，也可能因重复运输和二次搬运增加整体能源消耗。由此，低碳设计的对象需要由单栋建筑进一步扩大至货物流、车流、建筑空间和能源设施共同构成的园区系统。

二、物流园区建筑规划中的适应性不足

（一）初始功能配置容易形成空间固化

现有物流园区通常根据建设初期预测的业务规模确定仓储、分拣、办公、停车等功能面积，并以此完成建筑和场地布局。这种方式能够较快形成明确的建设方案，但预测需求与实际运营之间一旦出现偏差，原有空间比例便可能失去合理性。

例如，订单处理方式或仓储技术变化后，原本面积充足的存储区域可能转化为分拣和周转空间需求，而部分低频使用区域则出现闲置。如果结构体系、隔墙、消防设施和机电管线均与原功能紧密绑定，空间重新分配就需要同步改造多个系统。由此产生的问题不仅是改造费用增加，还包括施工期间业务中断以及既有材料和设备提前淘汰。因此，初期规划过度强调功能确定性，实际上可能增加园区长期运行中的调整成本。

（二）节能设备配置未能与建筑条件形成联动

光伏、高效照明和节能机电设备已经成为物流园区常见的低碳措施，但部分项目仍采用建筑方案确定后再附加节能设备的方式，导致能源设施与建筑空间缺乏协调。

物流仓储建筑通常具有较大的屋面面积，本身适合利用太阳能资源，但光伏系统能否顺利建设还受到结构承载、屋面设备、排水、消防以及检修空间等因素影响。如果这些条件未在建筑设计阶段解决，后期安装可能需要再次进行结构加固或设备调整。相关近零碳物流园区规划实践也表明，园区减碳需要将用地布局、建筑条件和能源供应方式结合起来考虑 [4]。因此，相较于简单增加节能设备，更重要的是使建筑本体能够为能源系统的建设和后续升级提供基础条件。

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

（三）交通设施难以随运输需求同步调整

车辆活动是物流园区运营过程中的重要能耗来源。园区入口、道路、停车等待区和装卸平台形成固定空间关系后，其调整难度通常明显高于内部设备变化。当车辆到达时间过于集中或车型结构发生变化时，原有交通体系可能出现排队、绕行以及装卸位利用不均等现象。

传统总图设计往往依据预测交通量确定道路和停车规模，但车辆运行具有明显的时段差异，仅依靠增加道路宽度和停车面积并不能持续解决问题。尤其在多式联运条件下，不同运输方式之间还存在货物换装，如果转换节点布局不合理，货物需要增加中间运输距离。因而交通适应性应更多体现为场地使用方式可调整、等候空间可共享以及装卸资源能够根据运行状态重新分配，而非单纯扩大交通设施规模。

（四）基础设施更新能力弱于物流技术迭代速度

自动仓储、智能分拣、新能源车辆和数字化管理设备的普及，使物流建筑内部的电力、通信、荷载及设备接口需求不断变化。但主体建筑的使用年限通常远长于物流设备，二者生命周期差异容易导致更新矛盾。

如果设备安装位置、供电容量和管线通道在初期即被完全固定，新增自动化设施或充电设备时就可能涉及墙体、楼板和机电系统改造。此外，退货、包装物回收和设备循环利用等逆向物流活动日益增加，如果总图中没有相应空间，其运营后往往只能临时占用装卸区或仓储空间，进一步干扰正常物流活动。因此，提高基础设施的可维护性、可替换性和增容能力，是延长园区有效使用周期的重要条件。

三、低碳导向下物流园区建筑规划适应性设计策略

（一）按照变化频率组织园区空间层级

园区空间可依据调整难度划分为长期稳定、中期可转换和短期灵活配置三个层级。道路主骨架、建筑主体结构、消防系统及市政接口属于长期性要素，应依据园区整体货物流向和未来发展规模慎重确定。仓储、分拣和部分辅助功能可作为中期调整单元，通过统一或兼容的结构尺度和设备接口提高转换效率。临时堆场、移动设备及轻质隔断等则承担短周期变化需求。

这种分层方式的意义在于控制不同空间要素的“变化成本”。规划时首先确定不宜频繁改变的结构和交通框架，再将业务不确定性集中到较容易调整的区域。由此，即使园区业务比例发生变化，也可优先通过内部空间重新配置解决，而不必立即扩建或改变整体建筑结构。

（二）以建筑基础性能降低长期能源需求

物流建筑首先应通过自身设计减少能源需求，再考虑主动式能源技术。仓储建筑可结合朝向、进深、自然采光和通风条件降低照明及环境调节负荷，同时根据存储货物性质控制太阳辐射、眩光和室内温湿度。办公、管理和生活配套区域则可按照人员活动规律实施分区环境控制，避免低使用率空间长期维持高能耗状态。

对于光伏等可再生能源设施，应将其安装条件作为建筑设计的一部分。屋面结构承载、设备间距、消防通道、检修路径以及电气接入均应提前协调，使后期建设不必再次大规模改变建筑。对于冷链仓储等负荷较稳定的功能，可进一步根据实际运行特征研究光伏、储能等设施之间的匹配关系。规划的作用并非提前确定唯一能源技术路线，而是避免建筑条件成为未来采用低碳技术的障碍。

（三）形成能够响应运输变化的交通组织体系

园区交通规划应围绕货物移动距离、车辆等待时间和交通冲突进行优化。主要仓储及分拣建筑宜与装卸界面形成便捷联系，并根据车辆性质合理组织货运、社会车辆和人员流线，减少交叉干扰。多式联运园区还应重点控制铁路、公路等转换节点与仓储作业区之间的距离，减少中间转运次数。

对于业务波动产生的阶段性交通压力，可采用共享等待空间、可转换停车区域以及动态分配装卸位等方式提高既有场地利用效率。车辆预约和数字调度系统则可以提供到达时间、等待时长和装卸效率等运行信息，帮助管理者判断交通瓶颈的位置。交通系统由此形成“空间组织 + 运行调度”的组合模式，在不持续增加道路面积的情况下提高对运输需求变化的适应能力。

（四）为能源设施增容和技术替换建立基础条件

能源系统的适应性首先体现为基础设施具有扩展能力。可依据仓储、分拣、办公、冷链和车辆充电等不同用能类型划分负荷单元，并根据园区分期开发计划安排变配电设施、能源站及主干线路。

聂垚等关于园区综合能源规划的研究表明，能源系统配置需要结合多种能源形式及实际建设条件进行综合判断 [5]。因此，物流园区可根据资源禀赋和负荷需求选择光伏、储能、热泵及充电设施，而不必采用完全一致的技术组合。设计阶段应重点保证主要机房、管线走廊和电力接口具备一定扩展空间，使新增负荷能够以局部接入方式完成。

投入运营后，可通过分项计量掌握不同建筑和设备的负荷变化，并依据峰谷特征调整运行方式。当能源需求增长时，应先判断是否能够通过负荷管理和设备优化释放既有系统能力，再确定是否需要增容，从而降低能源设施提前过量建设的可能。

（五）将可更新性纳入园区长期管理

主体结构、建筑围护系统、机电设施和物流设备具有不同的使用寿命，因此不宜按照同一更新周期进行设计。规划和建筑设计阶段可按照构件寿命及技术变化速度建立分级更新体系，将使用周期较短的设备与主体建筑适当分离，并通过标准化接口和便于拆装的连接方式降低设备替换对建筑本体的影响。

同时，园区应结合实际业务设置退货处理、包装回收、材料暂存和再利用等逆向物流空间，并使其流线与主要出入库作业保持合理关系。运营管理中可综合空间利用率、交通运行和能源消耗等数据判断设施使用状态。对于长期闲置空间，可先通过功能转换提高利用率；对于持续拥堵的区域，则应先优化调度和空间关系，再决定是否增加建筑面积。通过这种方式，将园区建设从“出现需求即扩建”逐渐转变为“优先挖掘既有空间和设施潜力”。

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

四、结论

本文针对物流园区功能固化、能源配置脱节、交通组织弹性不足及设施更新困难等问题，从低碳与适应性协同视角提出建筑规划设计策略。通过分层组织空间、优化建筑本体性能、完善弹性交通、预留能源系统扩展条件以及加强全生命周期更新，可提高园区对业务和技术变化的适应能力，减少后期拆改、重复建设及由此产生的资源与能源消耗。

研究表明，物流园区低碳规划不应局限于节能技术配置，还应关注建筑空间和基础设施的长期使用与调整能力，使低碳目标贯穿规划、运营和更新过程。本文主要进行规划策略研究，尚缺少实际园区长期运行数据验证，后续可结合典型案例，对不同适应性方案的碳排放、运行效率及经济性进行进一步研究。

参考文献

[1] 刘妍炯 . 基于“双碳”目标的绿色低碳园区可持续发展设计路径研究 [J]. 绿色建筑 , 2024, 16(3): 64-66+103.

[2] 陈星豫 . 智慧物流园区可持续设计策略研究 [J]. 建筑与文化 , 2024(3): 48-50.

[3] 郑建平 . 基于多式联运模式的港口物流建筑适应性设计表达 [J]. 广东土木与建筑 , 2023, 30(12): 48-51.

[4] 王亚光 , 许新宇 . “双碳”背景下中小地块近零碳路径的规划探索——以深圳盐田港规划物流园区为例 [C]// 中国城市规划学会 . 人民城市，规划赋能——2022中国城市规划年会论文集 (08城市生态规划) . 2023: 10-21.

[5] 聂垚 , 李杜渊 , 林波荣 , 等 . 双碳背景下园区综合能源规划探索与实践——以雄安某科创城为例 [J]. 建筑科学 , 2023, 39(12): 263-270+284.

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