

物流仓储类建筑设计理论与方法的研究

李现现

中国石化销售股份有限公司江西石油分公司

摘要：物流仓储建筑作为现代物流体系的重要组成部分，其设计理论与方法直接关系到物流运作的效率和成本。本文详细介绍了物流仓储类建筑的设计原理与最新设计理念发展变化情况，总结了常用设计方法和基础性设计要素的配置规律。

关键词：物流仓储建筑；设计理论；设计方法

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.107

前言

物流仓储业作为支撑现代社会生产生活的基础性产业，在国民经济中的地位日益凸显。随着电子商务、制造业等领域的快速发展，对物流仓储的需求不断扩大，亟须通过优化建筑设计来适应新形势的挑战。物流仓储建筑的设计质量直接影响着货物存储、中转、拣选、包装等多个物流环节的顺利开展，关系到整体物流成本和效率。

一、物流仓储类建筑的设计原理与相关理论发展

物流仓储类建筑的设计原理经历了从经验式设计到系统化、科学化设计的发展过程。早期的仓储建筑设计主要依赖设计师的经验和直觉，缺乏系统的理论指导。随着现代物流业的快速发展和信息技术的广泛应用，物流仓储类建筑的设计理论日趋完善。目前，物流仓储类建筑的设计主要遵循“以人为本、物流优先、效率至上、绿色环保”的原则。在功能布局上，采用“货物流向最短、作业流程最优”的设计理念，通过对货物流、信息流、作业流的系统分析和优化，实现仓储空间的高效利用。例如通过引入“ABC分类法”和“现场定置存储”等库存管理策略，可将出入库频次高的商品存放在靠近出入口的区域，减少作业路径，提高拣选效率，优化布局后拣选路径可缩短20%~30%。

在空间设计上，现代物流仓储建筑强调“模数化、标准化、灵活性”的特点。采用模数化的柱网尺寸和层高设计，可实现货架和作业设备的标准化配置，提高空间利用率。如采用12m×24m的柱网和12m的净高，可满足多层货架、堆垛机、穿梭车等设备的使用需求，仓储容量可提升30%以上。同时，灵活性设计理念强调建筑空间的可重构性和可扩展性，通过设置可拆卸的隔墙和预留安装接口等措施，可适应多变的市场需求和业务模式。在技术应用方面，物联网、大数据、人工智能等新兴技术正加速融入现代物流仓储建筑。射频识别（RFID）、条码扫描等自动识别技术的应用，可实现货物的实时跟踪和库存管理的自动化，库存盘点效率可提

高50%以上。通过大数据分析和机器学习算法，可对海量的历史库存数据和订单数据进行挖掘分析，优化库存策略和补货模型，降低缺货率和库存周转天数。引入AGV小车、货到人拣选等自动化设备，配合仓储管理系统（WMS）的智能调度，可显著提升出入库效率和单位面积产出能力。在绿色节能领域，物流仓储建筑日益重视可持续发展理念。通过应用节能照明、自然采光、雨水收集、屋顶绿化等技术，可降低建筑能耗，改善工作环境。如采用智能照明控制系统，根据不同区域的作业需求和自然光强度，自动调节照明亮度，可节省照明用电30%左右。

二、物流仓储类建筑设计的基本要素与配置规则研究

（一）交通体系设计规划

交通体系的设计规划旨在为物流仓储建筑构建高效的运输通道，包括建筑外部交通路网和内部物流通道布局两个层面。外部交通规划是仓储建筑选址的重要考量因素。根据《城市交通规划设计规范》，仓储用地应靠近干线公路网、铁路专用线或内河港口码头，通达性需满足半径服务范围内1小时可到达的要求。同时，根据口岸型、工业园区型等不同仓储类型，还需配套相应的集疏运系统、集装箱码头等专用设施。内部物流通道的布局设计应着眼于仓内腾挪作业和装卸效率最大化。国内主要标准如《钢结构冷库设计规范》提出，应科学设计仓内行车路线以减少交叉路程，同时对不同作业区块进行合理分区，并分别设置专用通道。通常还需预留0.75米通行宽度作为行人安全通道。对口岸型大型仓储来说，内外通道需进一步顺畅对接，保证车辆无障碍通行。通常采用“环形+放射式”的布局方式，即在建筑外围设置环形车行道，内部设置放射状的货物通道，实现交通的快速疏散和货物的便捷输送。如某大型电商仓储中心，占地面积12万平方米，通过对交通线路的模拟仿真和优化，最终采用双环形车道和三条放射状主通道的布局，实现车辆和货物的无交叉流动，提升物流效率35%，降低运输成本20%。

（二）整体空间布局的对称性设计

物流仓储建筑的整体空间布局设计亦有诸多配置原则需遵循。首先是功能分区的合理性与对称设计。根据仓储作业流程，通常需划分储存区、拆卸区、分拣区等功能分区，并根据物流方向合理排布，最大程度减少作业线的交叉和反向。功能分区布局时，多采用对称或镜像对称的方式，以降低物流通道距离，提高物流效率。

值得一提的是，对称布局设计也有利于后期建筑扩建或改造。其次是空间尺度的合理配置。为使货物存储和流转更为顺畅，仓储建筑的跨度尺度需根据存储货物的尺寸和重量特性进行优化。国内物流仓储建筑的典型跨度值常为18到36米之间。同时，堆垛机等搬运设备的作业半径也需纳入考量。此外，垂直空间的层高设计亦至关重要，需充分考虑叉车等设备的最大堆垛高度。

(三) 仓储物流区地面高差设计与高度调节

在高差设计方面，需要综合考虑货物吞吐量、周转频次、搬运方式等因素，合理确定卸货平台、货架层高等参数。通常采用“前高后低”的布局方式，即卸货区高于装货区，利用重力势能实现货物的自然流转，减少搬运工作量。如某大型配送中心，卸货平台高度设置为1.2m，与货车车厢高度匹配，可实现无缝对接卸货；货架分为上架区和拣选区，上架区层高2.2m，适合叉车作业，拣选区层高1.8m，便于人工拣选，通过电动辊筒输送线连接，实现分层拣选，作业效率提升30%以上。

在仓储物流区梯度设计上，需要根据货物属性、存储方式、作业工艺等因素，合理确定不同区域的层高和坡度，实现空间的立体化利用和货物的自然流转。例如，在某冷链物流仓储中，采用“三层两坡”的梯度设计，即分为常温区、恒温区、冷藏区三个温度层，层高分别为12m、9m、6m，层间设置5%的坡度，利用重力势能实现货物的自然下滑，减少垂直提升设备的使用，节省能耗30%以上。在制造业的原材料仓储中，采用高进低出的梯度设计，即原材料通过高架桥进入上层，再通过重力输送到下层的生产线，实现仓储与生产的无缝衔接，缩短物料周转时间50%。在高度设计时，还需考虑建筑材料、结构形式、抗震等级等因素，确保建筑的稳定性和安全性。如在抗震设防烈度8度及以上地区，仓储建筑的层高不宜超过15m，应采用钢筋混凝土框架或框架-抗震墙结构，提高建筑的整体刚度和延性。

(四) 辅助储运工具设计

在辅助储运工具的设计上，需要匹配货物的属性特征和仓储作业模式，实现工具与设施的协同优化。例如，对于电商仓储中的小件商品，采用多层穿梭式货架和穿梭车搭配，可实现高密度存储和高速拣选，存储容量可提高40%，拣选效率可达600件/小时。对于大件商品或整箱货物，可采用窄巷道货架和高位叉车，巷道宽度可减小至1.8m，可增加15%的储位数量。对于冷链仓储，采用高密度驶入式货架和前移式电动叉车，可在-25℃环境下实现精准拣选，拣选效率可达250件/小时。在辅助储运工具的配置上，需要根据货物吞吐量、库存周转率等参数，合理确定各类设备的数量和规格，避免资源闲置或瓶颈制约。如某医药配送中心，年吞吐量600万件，采用组合式货架和多层穿梭车，通过对货位和车辆的优化配置，实现存储容量与出库效率

的平衡，最终配置穿梭车80台，提升拣选效率120%，缩短订单响应时间50%。同时，还需考虑设备的互换性和柔性，通过模块化设计和标准化接口，实现不同区域、不同货型之间的设备共享与调配，提高设备利用率。此外，随着自动化技术的发展，越来越多的物流仓储建筑开始引入智能化的辅助储运工具，如AGV小车、机器人拣选系统等。通过视觉识别、机器学习等技术，实现货物的智能识别、定位和搬运，大幅提升作业效率和准确率。如某电商巨头的智能仓，采用“货到人”的拣选模式，通过AGV小车将货架运送到拣选工作站，再由机器人完成商品的抓取和装箱，日处理订单可达100万件，出库准确率达99.99%。

三、物流仓储类建筑的设计方法

(一) 建筑平面、立面、剖面的同步设计

平面、立面和剖面同步设计是物流仓储建筑设计核心理念，旨在确保三者尺度、比例和组织方式上的高度统一性。平面设计需根据功能分区和物流作业流线进行合理布局；立面设计需与建筑形态相协调，并满足功能性要求如灯光采光等；剖面设计则须与平面和立面相呼应，确保空间整体协调一致。三者的同步设计不但有利于结构、空间和功能的优化集成，还可实现成本的合理控制。在具体操作层面，同步设计方法通常遵循“先平面布局、后立剖造型”的设计路线。首先是依据功能分区要求，结合作业流线对平面进行模块化布置，并通过动线分析、模拟仿真等方法优化物流网络，最大程度减少人物流线的交叉和反向。基于确定的平面布局，再对立面及建筑造型展开设计，并与剖面协调统一。设计师不但要注重外立面与周边环境的融合，还要兼顾内立面与设备设施的适应性，如行车道、装卸平台等所需净空尺度。剖面设计则需确保内部垂直空间尺度与物品堆垛高度、运输通道净空等因素相匹配。物流仓储类建筑常用设计方法的原理与应用方式如表1所示。

表1 物流仓储类建筑常用设计方法的原理与应用方式

设计方法	原理	应用方式
建筑造型和整体支撑结构调节	建筑造型需与整体支撑结构相匹配，以确保结构的稳固性和空间利用率的最大化	1. 利用参数化设计等数字化技术，实现建筑造型与结构系统的协同优化 2. 采用大跨度钢结构或钢混结构体系，支撑跨度可达36米 3. 根据功能需求，设计拱形、斜面等具有时代感的流线型造型
结构材料选择	结构材料的选择需要综合考虑功能性、经济性和环保性等因素	1. 钢结构为主导材料，可与混凝土、玻璃等复合应用 2. 针对冷库等特殊用途，应用保温性能优异的新型墙体材料 3. 积极采用太阳能电池板、光伏玻璃等绿色环保材料。

平面、立面、剖面的同步设计	平面、立面和剖面的同步设计可确保建筑空间、结构和功能的高度统一性，实现最优化设计	1. 先依据功能分区对平面布局进行模块化设计 2. 基于平面布局再对立面与建筑造型展开设计 3. 剖面设计需与平面、立面相协调，满足垂直尺度需求
---------------	--	--

以国内某大型物流仓储中心为例，该项目占地面积20万平方米，总建筑面积30万平方米，采用平面、立面、剖面同步设计的方法，构建了开阔整齐的物流空间。在平面设计上，设计人员根据物流作业流程和货物属性，合理划分功能分区和布置货位通道，实现物流的有序组织和高效运转。如在仓储区内，采用“十字形”布局，将货架布置在四个象限内，中间设置直行通道和货物转运区，实现各区域的快速联通和货物的便捷周转。在立面设计时，采用模数化、参数化的设计手法，实现立面构件的标准化和通用化，提高生产效率和施工精度。如在立面上采用12m的基准模数，确定柱网尺寸、门窗尺寸、幕墙单元等，实现构件的工厂化生产和现场装配式施工，降低成本，缩短工期。在剖面设计中，综合考虑空间使用需求和设备布置要求，合理确定层高和跨度，实现空间的立体化利用和设备的一体化布置。如在高架仓储区，采用8m的层高和24m的跨度，配置高位货架和堆垛机，实现自动化立体仓储，提高空间利用率30%以上。在平立剖面的同步设计过程中，还需统筹考虑结构体系、设备管线、节能环保等因素，实现多专业的协同优化和集成设计。如在结构设计时，采用钢-混组合结构体系，利用BIM技术进行参数化设计和性能化分析，优化构件布置，减少用钢量20%以上。

（二）建筑造型与支撑结构调节

在建筑造型设计上，现代物流仓储建筑逐渐突破传统的“大盒子”式样，转向多样化、个性化的造型探索。通过对建筑体块的分割、组合和错位，形成富于变化的空间形态和丰富的立面效果，提升建筑的识别性和美观性。如某快递物流园区的仓储中心，采用流线型的建筑造型，模拟快递包裹的运动轨迹，形成动感十足的建筑形象，提升企业品牌形象。在造型设计时，还需考虑建筑体量、周边环境、气候特征等因素，采用遮阳、导风、采光等被动式设计策略，改善室内环境品质，降低能耗。如在炎热地区的仓储建筑，采用错落有致的体块布局和高大的进风口设计，利用热压通风原理，实现自然通风降温，节省空调能耗30%以上。在整体支撑结构的调节方面，需要根据货物存储和搬运作业的需求，合理选择柱网布局和跨度大小，实现仓储空间的灵活高效利用。一般情况下，物流仓储建筑多采用单跨或多跨门式刚架结构，跨度在18-36m之间。如国内某大型电商仓储基地，采用36m的大跨度钢结构，配合12m的柱网尺寸，实现存储区、分拣区、包装区的灵活划分和快速调

整，提高了空间适应性。在支撑结构布置时，还需考虑抗震、防火、荷载等性能要求，合理确定柱截面和梁高跨比，优化结构布置，提高建筑安全性和经济性。如在抗震设防烈度5度以上地区修建的仓储建筑，应一律采用型钢混凝土组合柱和屋盖桁架结构，提高结构侧向刚度，减小柱截面尺寸，在节约钢材用量的同时，提升物流建筑稳定性。

（三）建筑结构材料选择

在结构材料选择上，随着装配式建筑和绿色建筑理念的深入，钢结构和预制混凝土结构在现代物流仓储建筑中得到广泛应用。与传统的现浇混凝土结构相比，钢结构具有自重轻、跨度大、施工速度快等优势，特别适用于大跨度、高层仓储建筑。如某钢结构仓储中心，总建筑面积15万平方米，全部采用轻钢结构，单层跨度达到60m，层高18m，实现超大空间的无柱化使用，提高货架布置灵活性，仅用100天完成主体施工，较传统混凝土结构缩短工期50%。预制装配式混凝土结构则具有品质好、耐久性高、施工精度高等特点，通过工厂化预制和现场装配，实现标准化施工和精细化管理，减少现场湿作业，提高建设效率和质量。如某冷链物流仓储项目，采用预制装配式框架结构，楼板、梁柱等构件全部在工厂预制，运输到现场吊装，装配率达到60%，现场施工时间缩短30%，混凝土用量减少25%，实现节能减排。

结论

综上所述，优化物流仓储建筑设计是推动现代物流发展的关键一环。围绕物流运作效率、成本控制和可持续发展等目标，需要从流程优化设计、模块化设计、智能化设计和环境友好设计等多个角度持续深化理论研究，形成系统性的设计理论框架和方法体系。在未来，流程优化设计需要进一步加强与物流实际需求的融合度，不断优化人货物流线，缩短作业时间，物流仓储建筑的模块化设计更着眼于提升标准化程度和适用性，为物流建筑的规模化发展奠定基础。

参考文献

- [1] 陈星豫. 智慧物流园区的可持续规划设计策略研究[D]. 河北工程大学, 2023.
- [2] 吴玉玲. 绿色物流仓储空间夏季热环境优化设计研究[D]. 安徽建筑大学, 2021.
- [3] 吴剑超. 浅谈现代物流模式下物流建筑设计心得——以永辉物流8#仓储中心设计为例[J]. 福建建材, 2021, (01): 61-63+69.
- [4] 顾金龙. 大型物流仓储建筑消防安全关键技术研究及应用示范. 上海市, 上海市公安局, 2018-08-16.
- [5] 李定旗. 仓储物流建筑设计探索——普洛斯金霞物流项目设计[J]. 低碳世界, 2016, (06): 162-163.