

现代冷链园区建筑设计与运营研究

庞新楠

华商国际工程有限公司, 北京 100069

[摘要]现代冷链园区是融合仓储、加工、交易、配送等多元功能的综合性冷链物流枢纽,其建筑设计与运营管理能力,深刻影响园区能效、食品品质及综合效益。当前国内冷链园区建设规模持续扩张,但普遍存在功能布局单一、能耗偏高、智能化程度不均、多方主体协同不畅等痛点。文章结合冷链园区建筑设计核心原则,剖析功能布局、能耗管控、智能建设、运营协同等现存问题,并从空间布局优化、绿色节能技术应用、智慧冷链体系搭建、运营管理标准化、安全风险防控五大维度提出综合优化对策,可为同类园区的规划设计与运营管理提供实践参考。

[关键词]冷链园区; 建筑设计; 绿色节能; 智慧冷链; 运营管理

DOI: 10.33142/aem.v8i5.19914

中图分类号: TU984.4

文献标识码: A

Research on Architectural Design and Operation of Modern Cold Chain Park

PANG Xinnan

Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

Abstract: Modern cold chain parks are comprehensive cold chain logistics hubs that integrate multiple functions such as warehousing, processing, trading, and distribution. Their architectural design and operational management capabilities deeply affect the energy efficiency, food quality, and overall benefits of the park. The current scale of cold chain park construction in China continues to expand, but there are generally pain points such as single functional layout, high energy consumption, uneven level of intelligence, and poor coordination among multiple parties. The article combines the core principles of architectural design in cold chain parks, analyzes existing problems such as functional layout, energy consumption control, intelligent construction, and operational coordination, and proposes comprehensive optimization measures from five dimensions: spatial layout optimization, green energy-saving technology application, smart cold chain system construction, standardized operation management, and safety risk prevention and control. It can provide practical reference for the planning, design, and operational management of similar parks.

Keywords: cold chain park; architectural design; green and energy-saving; smart cold chain; operations management

引言

伴随着我国冷链物流行业迅速发展,冷链园区作为集冷藏、冷冻、加工、分拨、交易等功能于一体的综合性基础设施,其建设规模不断扩大,冷链园区正由原来的单一仓储功能向多功能复合型、智慧化方向快速转变。但是根据调研,目前冷链园区在建筑设计和运营管理上存在着诸多问题,空间布局缺乏弹性造成运营效率低,制冷系统能耗居高不下,智能化应用和运维管理相脱离,入驻企业之间的协同机制还没有形成,安全风险防控体系薄弱。在建筑设计层面怎样达成功能集约化、绿色低碳化,在管理运营层面怎样改善管理效率和安全韧性,成了行业迫切需要解决的关键问题。

1 冷链园区建筑设计的基本原则

冷链园区建筑设计的原则:第一,功能和需求匹配原则,根据策划形成园区具体的功能需求、存储货物的温区要求、周转频率和操作流程,合理划分冷藏库、冷冻库、变温库、加工分拣区以及配套服务区等功能模块。工业建筑设计还要满足安全卫生、节能环保、经济适用、绿色和可持续发展等原则。第二,依据节能低碳准则,采取高保温围护结构、高效制冷系统、可再生能源利用等手段,以削减全生命周期的碳排放。第三,系统性原则,把建筑设计、设备选型、运营管理统一起来,防止出现重建设轻运营的现象。第四,人本安全原则,充分考虑到消防疏散、应急通道、电气安全等重要节点,把安全风险提前到规划

设计阶段进行控制。

2 现代冷链园区建筑设计与运营存在的问题

2.1 建筑功能布局不合理

目前很多冷链园区在规划设计时没有考虑到产业需求和实际运营期间的作业流程,造成仓储区和加工区、配送区之间衔接不好,货物搬运路线绕远,装卸效率低,运营成本不断上升。部分园区把冷链功能同常温物流功能简单相加,没有考虑到温区隔离、气流组织、人车分流等冷链作业的特殊需求。有的冷链物流园区在得到政府优惠的土地之后,改变了规划的方向,加大了商业建筑面积,减少了冷库的面积或者推迟了冷库的建设;有些冷链物流园区由于受到政策的影响,忽略了市场的需求,投资方靠“拍脑袋做决定”而造成冷库的建筑模式和规模都与市场需求相背离^[1]。另外,由于设计定位、使用年限、成本导向等种种原因,先天就存在库体本身的多成因节能障碍,单体规模小、结构不合理是冷库基础性节能障碍的不可逆因素。

2.2 能耗较高与节能效果不足

冷链园区是物流领域名副其实的能耗大户,制冷系统、照明设备和物流搬运设备昼夜不停地运转,碳排放压力大。目前食品冷链物流存在着能耗高、碳排放大、数智化水平低三大问题,传统的冷库管理存在着人工调温滞后、设备孤岛运行、异常能耗无预警这三个能耗黑洞。大量的园区保温材料老化、制冷设备陈旧、能源管理粗放,节能潜力还没有得到充分的发掘。为了解决冷链物流活动中高排放、高耗电的问题,部分园区创建零碳冷链物流基地,削减全链条能耗水平,达成冷链的零碳排放,塑造起可复制的“零碳冷链”技术集成方案。但目前大多数园区的能源结构清洁化、能源利用高效化还存在着系统性的不足,绿色低碳转型还有很长的路要走。冷链物流高质量发展规划中提到要使冷库单位能耗降低 30%,但是目前大量冷库现有的制冷系统在夏季高温时段 COP 值只有 1.8,比国际先进水平低 40%。

2.3 智能化水平有待提升

虽然自动化立体库、智能管理系统已经在一些大型园区得到应用,但是对于大部分冷链园区来说,仍然处在初级阶段。市场上大部分园区对于仓储自动化、温控智能化以及管理数字化的投入较少,信息孤岛现象比较普遍,不

能对整个过程进行精确控制,不能达到资源的合理调配。建议园区在运营管理方面采用质量管理体系、仓库管理系统、仓储冷链系统、制造执行系统、安防系统等来实现从研发到消费的全流程数字化管理。从实践的角度来说,采用数字孪生技术创建三维能耗可视化平台,将每个冷库单元的实时耗电量、COP 值、设备状态等数据变成三维模型,管理者根据颜色的变化来发现异常,从而达到精准化能源治理的目的。但是数字化整合能力在行业中还没有得到广泛应用,很多中小园区还处在人工登记、半机械化的阶段,智能化建设水平亟待提高。

2.4 运营管理协同效率偏低

冷链园区运营包含仓储、运输、加工、配送等诸多环节,入驻企业的种类繁多,协同管理的难度比普通物流园区大得多。部分园区缺少统一的服务标准、信息共享平台,作业流程不规范、仓储周转率低、资源利用率低。仓储透明化依靠数字化仓储平台,达成跨园区、多货主的统一高效管理,库位库存、作业进度一览无遗,智能算法自动优化拣货路径和车辆调度。这就清楚地表明,运营管理标准化以及协同能力的欠缺,是造成园区提效受阻的主要障碍^[2]。

3 现代冷链园区建筑设计与运营优化策略

3.1 优化园区建筑空间布局

从规划总平面看,根据冷链物流作业特点采取分区清晰、流线畅通的布局方式,尽量避免不同类型及不同作业类型的交叉影响。垂直空间上采取多层高效连通的方法。改造园区采取“拆改并重”的方式,在保持部分历史建筑的基础上新建现代化设施,创建起“冷链物流、食品加工、产业孵化”三者相互融合的生态体系。工程建设环节建议创新性地使用 BIM 技术对机电管线进行多轮次全场景碰撞检查,准确地进行布局调整,防止出现空间浪费和返工成本;室内装修建议采用一体式隔断墙系统,工厂预制、现场拼装缩短工期,达到施工效率和绿色建造的双重效果。

3.2 推进绿色节能技术应用

绿色节能技术的系统化运用是削减冷链园区经营成本并达成碳中和的主要途径。目前光伏发电、高效保温、智慧照明、储能系统等技术越来越成熟,并且有很好的协同效应。各个技术方案在节能效果、投资回收期 and 适用场合上各有不同,组合使用可以取得最好的综合效果。

表 1 冷链园区主要绿色节能技术方案对比

技术类型	具体措施	节能率 (%)	投资回收期 (年)	适用区域/场景
围护结构保温	聚氨酯夹芯板+精密施工	15~20	3~5	冷藏/冷冻库外墙及屋面
高效制冷系统	变频压缩机+AI 温控系统	20~30	2~4	全库区制冷主机
光伏发电系统	分布式光伏+储能配套	10~15 (替代市电)	6~8	大面积库房屋顶
智能照明系统	LED+高透光采光板+感应控制	40~60	1~2	库内照明及干仓区
雨水收集利用	屋面雨水收集+绿化灌溉	—	—	园区绿化区域

园区屋顶搭建分布式光伏发电系统,并配套储能设施构建直流微电网,同时布设新能源充电桩,满足园区物流车辆充电需求。光伏产生的清洁电力优先供给仓储库房、冷链库区、充换电站及快递分拣等各类设施使用,富余电量并入电网,打造成为物流仓储领域绿色低碳转型的典型示范。

建筑节能层面,园区采用新型保温板材结合 AI 智能温控系统,实时监测区域温度,有效降低冷库运行能耗。屋面搭配高透光板材,充分利用自然光减少照明能耗;同时建设雨水收集系统,实现水资源循环利用。

园区结合峰谷电价政策,打造光伏自发自用、谷电储冷的智慧用能模式。日间优先使用光伏发电满足高峰用电需求,多余电力并网;夜间利用低谷电价制冷储冷,最大化提升能源利用效率,显著压降用电成本。

依托智能温控联动管理,园区可获得稳定节能收益。系统依托长期运行数据持续优化制冷方案,形成监测、优化、验证一体化的节能管理闭环。

3.3 提升智慧冷链系统建设水平

智慧冷链的核心就是创建起包含仓储、运输以及管理的全部环节的数字化体系。仓储端要推行自动化立体冷库以及无人化作业模式,依靠物联网、人工智能、大数据和 5G 技术来达成 24h 全自动运转和无人化操作。园区依靠物联网、人工智能、大数据以及 5G 技术,已经达成数字化仓储的目的,从而明显改善冷库的功能与效能。管理端应创建统一的智慧冷链信息管理平台,利用平台的技术优势,给园区提供精准的资源对接、运营策划、冷链供应链全流程的信息化解决方案,包含智慧物流管理、进销存管理、B2B 电商平台、人工智能数字化冷库建设等,并引入智能梯控、节能监管、新能源应用等创新服务^[3]。园区依靠实时库存追踪系统来对货物流转实施动态监管,智能配送算法自动产生最佳的运输路线,数字孪生技术对冷链的安全性展开全方位保障。

3.4 加强运营管理标准化建设

标准化是提升运营协同效率的重要制度保障。相关行业标准明确了农产品产地冷链集配中心在建设运营、前期筹备、选址规划、运营管理、评价改进等全流程要求,全面覆盖项目新建、改建及扩建各阶段。落到园区实际运营中,通过建立健全岗位作业规程与质量管理体系,可实现仓储作业标准化、规范化运转。依托数字化仓储平台,园区对各片区、各货主货品实施一体化管控,库位、库存及作业进度实时可视;借助智能算法优化拣货路线与车辆调度,订单响应效率较传统模式大幅提升。同时,园区搭建信息共享平台,推动入驻企业资源整合与业务协同,并围绕库存周转率、能耗、货损率等核心指标推行 KPI 量化考核,结合第三方专业评估持续查漏补缺,稳步提升整体运营效能。

3.5 完善安全风险防控体系

冷链园区的安全风险包含消防安全、制冷系统安全、用电安全、食品安全等各个方面,任何一个环节的疏忽都会造成严重的后果。冷链行业安全风险具有很强的共性,易燃材料、电气老化、动火作业失控、制冷泄漏等隐患互相交织叠加,一些企业仍然存在“低温即安全”的错误认识。

从消防安全角度来说,冷库使用的房屋必须具备结构安全和消防安全条件,电气线路的设计安装要尽可能地避开库房的隔热层,如果不可避免,则必须采取有效的防火措施。冷链物流中心火灾风险防控要求团体标准已经通过了专家评审,文件框架科学系统,涵盖了冷链物流火灾风险识别、预防控制、应急管理各个环节,具有创新性和实用性,其实施可以大大提高冷链物流中心本质安全水平,填补了行业技术空白^[4]。在制冷系统安全方面必须严格依照设备定期检验制度、操作人员持证上岗制度以及制冷剂泄漏预警和应急处理制度来执行。

在全链条风险管控方面,创建包含冷库规划、建造、运维、报废拆除等环节的全链条安全管理体系,从而塑造覆盖园区整个生命周期的安全防控闭环。

4 结语

现代冷链园区建筑设计及运营管理属于一个高度相关联的系统工程。从建筑层面来说,要以功能适应性、绿色低碳以及系统前瞻性为设计准则,依靠改善空间布置并推行节能技术来筑牢园区运作的物质根基;从运营层面来讲,则要加速智慧化转型以及标准化创建,从而加强协同效能和安全保障水平。随着“双碳”目标的不断推进以及新一代信息技术的快速渗透,冷链园区将会朝着零碳化、智慧化、人本化的方向不断发展。园区要创建起“光伏发电+冷库用电+车辆充换电”的自发自用低碳应用场景,依靠能源结构清洁化、能源利用高效化、园区智能管控数字化、园区建筑绿色化这些手段来实现可持续碳中和。只有把设计理性同运营精益结合起来,才能使冷链园区高质量、可持续发展。

[参考文献]

- [1]白光利.批发市场探索如何通过电商业务赋能冷链物流园发展[J].起重运输机械,2026(4):9-12.
- [2]冯楠,王志文.筑巢引凤冷链产业聚动能[J].河南电力,2026(1):27.
- [3]靳新春.冷链物流冷库绿色设计的理念与探析[J].物流技术与应用,2024,29(1):66-68.
- [4]熊文,周忠良.冷链物流园区冷库机房深化设计及优化[J].安装,2025(4):85-88.

作者简介:庞新楠(1992—),女,汉族,北京,中级工程师,研究生,现就职于华商国际工程有限公司,研究方向为建筑设计。