

浅析冷链物流产业园设计

韩新宇

华商国际工程有限公司 北京 100069

摘要：本文围绕冷链物流产业园设计，阐述其核心要素。在功能分区规划上，对仓储、加工、流通、配套服务等区域细致划分；空间布局遵循流程连续与最短路径原则。温控技术、能源管理、设备选型组成冷链系统专项设计要点。基础设施涵盖交通、应急、环保方面优化。智能化与信息化借助物联网和数字化平台，全方位提升运营效率与管理水平，为冷链物流产业园建设提供设计思路。

关键词：冷链物流产业园；功能分区；温控技术；智能化；可持续性

引言：随着消费升级与食品供应链的完善，冷链物流在现代流通体系中的作用日益凸显。冷链物流产业园作为集成化、专业化的重要载体，承担着仓储、加工、运输等多重功能。其设计水平直接影响运营效率与货物品质保障。合理规划功能分区、优化空间布局、构建高效温控系统、引入智能化管理成为设计关键。本文从多个维度出发，系统分析冷链物流产业园的核心设计要素与专项技术方案，为提升园区整体运作效能提供理论支持与实践指导，助力行业高质量发展。

1 冷链物流产业园设计核心要素

1.1 功能分区规划

冷链物流产业园的功能分区规划是实现高效运营的基础。仓储区作为核心板块，按温度需求精细划分。低温仓储区用于果蔬、肉类等生鲜食品，通过稳定温湿度抑制微生物生长，延缓变质，保持货品新鲜；恒温仓储区为电子产品、部分化工原料等对温度敏感的物品提供稳定环境；超低温仓储区采用特殊制冷与隔热技术，满足生物制品、冷冻食品的极端存储需求。加工区承担预冷、分拣、包装等功能^[1]。预冷是生鲜进入冷链的关键步骤，它能快速降温，抑制呼吸作用，从而延长货架期；分拣依据订单精准分类，提升出库效率；包装不仅提供防护，还通过标准化标签支持后续追溯与管理。流通区是货物进出枢纽。装卸平台适配不同运输车辆，提高装卸效率；运输通道合理设置宽度与路线，区分重载与空载车流，保障通行顺畅，减少等待时间。配套服务区包括办公、设备维护与应急管理。办公区协调调度与监控；设备维护点定期检修关键设施，降低故障率；应急空间配备专业资源，确保突发状况下快速响应，维持园区稳定运行。各功能区有机衔接，共同构建高效、安全、可持续的冷链物流体系。

1.2 空间布局逻辑

冷链物流产业园的空间布局遵循冷链流程连续性与最短路径原则。从货物进入园区开始，依次经过仓储、加工、流通等环节，各功能区在空间上紧密相连，形成连贯的作业链条。例如，将仓储区与加工区相邻布置，货物从储存到预冷、分拣、包装的转移过程无需长距离运输，有效减少转运损耗与时间成本。垂直与水平动线的高效衔接是提升空间利用效率的关键。在多层建筑结构中，设置专用货运电梯连接不同楼层，电梯的载重与尺寸适配货物运输需求，实现货物垂直方向的快速转运。水平方向上，依据功能区分布规划环形或单向通道，确保叉车、AGV等搬运设备能够无阻碍地穿梭于各区域。根据货物流量与作业频率，合理调整通道宽度，避免交通拥堵，使货物在水平移动过程中保持高效流转。不同功能区的空间组合充分考虑作业流程与货物特性，将关联度高的区域集中布置，进一步强化冷链作业的有序性与高效性。在空间布局时，预留足够的缓冲空间，用于临时货物堆放与设备调度，应对业务高峰时段的作业需求，保障整个冷链物流流程在不同作业强度下都能稳定运行。

2 冷链系统专项设计

2.1 温控技术体系

冷链物流产业园温控技术体系的构建，需着眼于多温区独立控制与隔热性能强化。多温区独立控制策略确保不同储存需求的货物能在适宜环境下存放。各温区配备独立的制冷系统与温控设备，通过精准调节实现温度稳定。无论是低温区的冷藏保鲜，还是超低温区的深度冷冻，独立控制系统均可避免不同温区之间的温度干扰，保障货物品质^[2]。冷热桥阻断与隔热材料选择是温控技术的关键环节。冷热桥是热量传递的薄弱点，通过优化建筑设计，采用断热桥构造节点，减少热量传导路径。在墙体、屋顶、地面等部位，选用高效隔热材

料,如聚氨酯泡沫喷涂、挤塑聚苯保温板等。这些材料具备低导热系数,能够有效隔绝外界热量侵入,维持内部温度稳定。同时对管道、门窗等易产生热量交换的部位,进行针对性隔热处理,降低冷量损耗,提升温控系统整体效能。

2.2 能源管理方案

冷链系统能源管理方案注重冷能梯级利用与可再生能源集成。冷能梯级利用与余热回收,实现能源的高效转化。制冷系统运行过程中产生的冷量,依据不同温区需求进行分级利用,高温级冷量满足常温或低温仓储需求,低温级冷量则用于超低温环境。而制冷机组运行产生的余热,通过热回收装置收集,用于园区热水供应、办公区供暖等,减少能源浪费。可再生能源的集成是降低运营能耗的重要途径。太阳能制冷技术的应用,将太阳能转化为电能和热能,为园区提供绿色能源。通过光伏组件发电驱动制冷设备,或利用太阳能集热器产生热能驱动吸收式制冷机,实现制冷过程的零碳排放。结合风能、地热能等其他可再生能源,构建多元化能源供应体系,降低对传统化石能源的依赖,提升冷链系统能源利用效率与可持续性。

2.3 设备选型原则

设备选型对冷链物流产业园的高效运行至关重要。制冷机组选型需考量能效比与冗余配置。高能效比的制冷机组在相同制冷量下,消耗更少电能,降低运营成本。为应对设备故障、负荷波动等情况,采用冗余配置方案,设置备用机组,确保制冷系统持续稳定运行。即便部分设备出现故障,备用机组也能迅速投入使用,避免温度失控影响货物质量。自动化搬运设备的适配性同样关键。AGV(自动导引车)与RGV(轨道导引车)等自动化设备,可根据园区作业流程与空间布局灵活选择。AGV具备自主导航能力,适用于复杂多变的作业环境,能够在不同功能区之间自由穿梭,完成货物搬运任务。RGV则在固定轨道上运行,适合货物运输路径相对固定、运输量大的场景。依据货物重量、尺寸、运输频率等因素,合理选择设备类型与数量,实现货物搬运的高效化、智能化,提升园区整体运营效率。

3 基础设施与配套设计

3.1 交通组织优化

冷链物流产业园交通组织优化旨在保障货运高效流转。货运车辆流线与城市交通的解耦设计,通过设置独立的货运通道与出入口,避免园区内车辆与城市道路车流交叉干扰。专用货运通道采用环形或单向行驶设计,减少车辆交汇与等待时间,同时与城市主干道、高速公

路出入口保持合理距离,确保货运车辆快速进出园区。在园区内部,依据货物运输方向与功能分区,规划明确的车辆行驶路线,区分重载与空载车辆通道,降低交通拥堵风险。装卸平台与月台数量的动态匹配是提升作业效率的关键^[3]。根据园区货物吞吐量、运输车辆类型及作业高峰时段特点,合理配置装卸平台数量与尺寸。采用可调节高度的装卸平台,适配不同规格的运输车辆,减少货物装卸时的垂直搬运距离。月台布局遵循就近原则,临近仓储区与流通区,缩短货物搬运路径。结合智能化调度系统,实时监控装卸作业进度,根据车辆到达情况动态分配月台资源,避免设备闲置或排队等待现象,实现装卸作业的高效衔接。

3.2 应急保障系统

应急保障系统是冷链物流产业园稳定运行的重要支撑。备用电源与制冷机组冗余设计为突发状况提供电力与冷源保障。配置柴油发电机、不间断电源(UPS)等备用电源设备,在市电中断时迅速启动,为制冷机组、监控系统等关键设备供电,维持园区基本运行。制冷机组采用冗余配置,设置备用机组与并联运行模式,当主制冷设备故障时,备用机组自动切入,确保仓储温区温度稳定,防止货物因温度失控变质。温度异常监测与快速响应机制可有效降低风险。在园区各温区部署高精度温度传感器,实时采集环境数据并上传至监控中心。通过智能算法对数据进行分析,一旦检测到温度异常波动,系统立即触发报警装置,并将信息推送至相关管理人员。同时预设应急预案,明确异常处理流程与责任分工。维修人员接到通知后,携带专业设备迅速抵达现场,对制冷设备、温控系统进行排查修复,最大限度缩短温度异常持续时间,保障货物安全。

3.3 环保与可持续性

环保与可持续性设计贯穿冷链物流产业园建设运营全过程。雨水回收与中水利用系统实现水资源循环利用。在园区内建设雨水收集池与净化设施,将降雨进行收集、沉淀、过滤处理后,用于园区绿化灌溉、道路冲洗等非饮用水场景。同时建立中水回用系统,对生活污水、生产废水进行净化处理,达到一定水质标准后回用于冷却循环水补充、洗车等环节,减少新鲜水资源消耗,降低污水排放。低碳建筑材料与施工工艺的应用助力园区绿色发展。建筑墙体选用加气混凝土砌块、秸秆纤维板等轻质保温材料,既能满足隔热性能要求,又可减少建材生产过程中的碳排放。屋面采用绿色种植屋面或反光隔热涂料,降低建筑能耗。在施工过程中,推广装配式建筑技术,减少现场湿作业与建筑垃圾产生,提

高施工效率与质量。采用节能灯具、节水器具等设施,从细节处落实环保理念,打造资源节约型、环境友好型冷链物流园区。

4 智能化与信息化设计

4.1 物联网技术应用

物联网技术深度融入冷链物流产业园,构建起智能化感知与管控体系。温湿度实时监测与预警系统通过在仓储、运输等环节部署大量传感器,将各区域环境参数转化为数字信号,实现数据的不间断采集与传输。传感器以高密度布局覆盖整个园区,确保温湿度数据的精准获取。这些数据实时上传至中央控制系统,一旦监测到数据偏离预设阈值,系统立即触发多级预警机制,以声光提示、信息推送等方式通知相关人员,为快速响应异常状况争取时间。冷链设备远程运维平台依托物联网实现设备全生命周期管理^[4]。制冷机组、自动化搬运设备等关键设施内置传感器与通信模块,将运行状态、故障代码等信息实时反馈至运维平台。技术人员无需亲临现场,即可通过平台远程查看设备参数、诊断故障原因,制定维修方案。针对常规维护需求,平台可根据设备运行时长、工作负荷等数据,自动生成维护计划并推送提醒,提前更换易损部件、清洁滤网,降低设备突发故障概率,保障冷链作业连续性。

4.2 数字化管理平台

数字化管理平台重塑冷链物流运营模式。库存动态可视化打破信息壁垒,通过集成仓储管理系统与物联网数据,将货物存放位置、数量变化、出入库记录等信息转化为可视化图表与地图。管理人员在终端设备上可直观查看各温区库存状态,快速定位特定货物,避免人工盘点的耗时与误差。路径优化算法结合实时作业数据,综合考虑货物重量、搬运设备负载、通道拥堵情况等因

素,为叉车、AGV规划最优行驶路径,减少无效移动距离,提升货物搬运效率。区块链技术应用于冷链溯源体系,构建起不可篡改的信息链条。从货物源头采购、仓储加工到终端配送,每个环节的时间戳、操作人员、温度记录等数据均加密后上传至区块链。消费者或监管方通过扫描商品二维码,即可追溯货物全流程信息,验证其品质与流向真实性。企业内部也可利用区块链数据进行供应链审计,分析各环节效率瓶颈,优化业务流程。由于数据分散存储于多个节点,任何信息修改都会被系统识别,保障溯源数据的可信度与安全性,增强消费者对冷链产品的信心。

结束语

冷链物流产业园设计需综合考量多方面要素。从功能分区到空间布局,从冷链系统专项设计到基础设施配套,再到智能化与信息化应用,每个环节都紧密相连。唯有各环节协同优化,才能构建高效、智能、绿色且具备强大应急保障能力的冷链物流产业园,以适应不断发展的市场需求,推动冷链物流行业迈向新高度。

参考文献

- [1] 维伟.浅析农产品智慧冷链物流发展中存在的问题与解决对策[J].物流科技,2024,47(11):159-161.
- [2] 林振强.深耕冷链物流,以园区为载体构建产业生态圈——访山绿农产品集团股份有限公司董事长孟宪良[J].物流技术与应用,2022,27(S2):52-55.
- [3] 文海精,罗柳.农产品现代物流园规划设计研究——以鄂州市梁子湖农产品物流园规划为例[J].交通企业管理,2023,38(02):90-92.
- [4] 陈锦扬.构建港口现代园区式冷链物流产业集群研究——以海南省海口市为例[J].天津商务职业学院学报,2021,9(04):52-57.