

冷链物流中心节能型建筑围护结构设计研究

任志坤¹ 兰蒙² 刘浩¹

1. 华商国际工程有限公司, 北京 100069

2. 北京昱邦科技有限公司, 北京 100000

[摘要] 伴随冷链物流不断向前发展, 冷链物流中心在食品储存以及供应链方面所起的作用日益凸显。然而就现有的建筑情况来看, 普遍存在着诸如围护结构保温性能较为欠缺、气密性不够理想、热桥现象较为明显以及防结露设计不够完善等一系列问题, 这些问题进而使得能耗处于较高水平、制冷负荷偏大, 最终导致运行成本有所增加, 很难契合节能以及可持续发展的相关要求。所以说针对冷链物流中心节能型建筑围护结构展开设计方面的研究有着不容忽视的重要意义, 能够为提高能效以及确保低温储存环境给予一定的参考依据。

[关键词] 冷链物流中心; 节能型建筑; 围护结构; 结构设计

DOI: 10.33142/ec.v8i7.17565

中图分类号: TU65

文献标识码: A

Research on the Design of Energy-saving Building Envelope Structure for Cold Chain Logistics Center

REN Zhikun¹, LAN Meng², LIU Hao¹

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

2. Beijing Yubang Technology Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: With the continuous development of cold chain logistics, the role of cold chain logistics centers in food storage and supply chain is becoming increasingly prominent. However, based on the current building situation, there are generally a series of problems such as inadequate insulation performance of the enclosure structure, inadequate air tightness, obvious thermal bridging phenomenon, and inadequate anti condensation design. These problems further lead to high energy consumption, excessive cooling load, and ultimately increase operating costs, making it difficult to meet the requirements of energy conservation and sustainable development. Therefore, it is of great significance to conduct research on the design of energy-saving building envelope structures for cold chain logistics centers, which can provide certain reference basis for improving energy efficiency and ensuring low-temperature storage environment.

Keywords: cold chain logistics center; energy-saving building; enclosure structure; structural design

引言

随着现代物流以及食品工业不断发展, 冷链物流中心在确保食品安全、让食品保质期得以延长还有提升供应链效率这些方面, 都发挥着颇为重要的作用。冷链物流中心得在低温的环境之下对食品展开储存以及运输相关工作, 其建筑围护结构在维持温度与湿度的稳定状态、尽可能减少热量方面的损失以及把制冷能耗降下来等事宜上, 有着极为关键的作用。不过, 传统的冷链物流建筑设计, 大多是以满足最基本的功能需求作为主要导向的, 在围护结构保温性能、气密性、热桥控制以及防结露设计等诸多方面, 都存在着一些欠缺之处, 这就使得冷量出现较大程度的损失、能耗变得很高、运行成本也有所增加, 与此还对储存环境的安全性以及稳定性产生了影响。随着节能减排以及绿色建筑理念被提出来之后, 怎样借助科学合理的建筑设计方式来对围护结构加以优化, 进而提升建筑整体的热工性能、把能耗降下去、达成绿色且可持续的运行状态, 已然成为了冷链物流建筑设计领域里一个十分重要的研究课题。凭借 BIM 也就是建筑信息模型技术的应用情况,

给冷链物流中心围护结构设计带来了全新的研究途径。BIM 不但能够达成建筑的三维可视化呈现, 而且还能完成信息的集成处理, 而且还可针对围护结构的热工性能、气密性、热桥分布以及节能效果等方面展开模拟操作以及相关分析, 以此为材料的选择、结构的优化以及节能策略的制定给予科学层面的依据。所以, 此项研究着重探讨冷链物流中心节能型建筑围护结构的具体设计方法, 对现有的围护结构在节能方面的实际状况与所存在问题展开剖析, 并且给出基于 BIM 的优化设计策略, 期望能够为冷链物流中心实现低能耗、高性能并且可持续的运行状态给予相应的理论支撑以及实践方面的参考内容。

1 冷链物流中心的功能与特点

冷链物流中心作为冷链网络的核心节点, 集存储、加工和配送等功能于一体, 并需综合考虑交通区位和政策支持。其主要通过温控技术维持低温环境, 确保食品、药品等易腐商品在生产、储存和运输全过程中的品质稳定。中心能够提供生鲜农产品低温仓储服务, 整合加工、分拣、包装等环节实现高效配送, 并在供应链不稳定或突发事件

时提供应急储备。其关键特点包括高效的温控系统、防止商品变质的实时监测、自动化分拣及冷藏设备提升作业效率,以及多功能整合,如交易、深加工和人才培养等,推动产业升级与供应链优化。

2 冷链物流中心建筑围护结构节能现状分析

2.1 传统围护结构设计特点

在冷链物流中心开展建筑设计工作的时候,传统围护结构往往把满足基本的保温需求以及承重方面的要求当作主要追求的目标,其设计思路显得比较单一,并且缺少针对低温环境下能耗情况以及热工性能的全面且系统的考量。外墙、屋面还有门窗等围护构件大多会选用常规的材料以及常规的厚度,保温层在设置时存在不均匀的情况或者厚度不够,如此一来就容易出现热桥方面的现象,进而使得冷量出现较为严重的损失情况。门窗的密封性能表现欠佳,气密性也存在不足之处,空气渗透的现象颇为突出,这无疑进一步加剧了制冷系统所面临的负荷状况。在处于低温的环境之下,围护结构对于防结露、防霜冻以及防潮等相关措施的考虑并不周全,这很容易对室内温湿度的稳定性以及货物储存的条件产生影响^[1]。与此传统设计在材料选型、结构层次以及组合方式等方面都缺乏科学合理的优化手段,很难达成对建筑整体热工性能的高效利用效果,最终致使能耗有所增加,运行成本也随之升高,这对冷链物流中心的节能潜力以及可持续发展水平形成了限制作用。

2.2 热工性能及能耗问题

在冷链物流中心里,建筑围护结构的热工性能会对能耗水平以及室内环境稳定性产生直接的影响。不过当前有不少冷链物流建筑都存在着热工性能有所欠缺的情况,这使得能量出现了比较大的损失状况。其外墙、屋面还有地板的保温性能往往呈现出失衡的状态或者厚度不够,如此一来就很容易形成热桥,致使室内的冷量会通过结构传导的方式发生流失。而且门窗以及其他开口部位的密封性较差,空气渗透的现象比较突出,这就进一步加剧了制冷负荷的程度。围护结构对于温湿度调控的响应存在滞后的状况,使得低温区域特别容易出现温度波动或者结露方面的问题,进而增加了制冷设备的运行频次以及能耗情况。与此传统设计对于局部冷热不均、制冷负荷分布以及外部气候条件这些因素缺乏综合性的考量,这就导致整个建筑的能耗水平处于偏高的状态,运行成本也随之增加,并且还还对冷链物流中心的能源效率以及可持续运营的能力产生了影响。

2.3 常见节能技术与应用现状

在冷链物流中心建设进程当中,常见的那些节能技术往往聚焦于围护结构保温方面、门窗气密性方面、屋面隔热方面以及低温环境控制等方面。就当下的应用实践情况来看,外墙以及屋面往往会选用高效保温材料或者复合结

构,其用意在于降低热传导系数,进而提升整体的热工性能。门窗系统大多会增加双层或者三层玻璃,还会加上密封条,如此一来便能减少空气的渗透情况以及冷量的损失状况。屋面隔热技术是通过将反射涂层、保温层还有通风设计相互结合起来的方式,以此有效地缓解夏季太阳辐射所带来的热负荷问题。与此部分冷链物流中心已经开始在围护结构设计环节考虑到防结露、防霜冻以及局部热桥控制等相关措施,从而维持低温环境的稳定状态。不过,这些节能技术在实际应用的时候,依旧存在着布局不够合理、材料选型没有充分进行优化以及综合效果不均衡等一系列问题,这就导致节能潜力没能得到充分的发挥,整体能耗水平依然处于比较高的态势,对冷链物流中心的绿色可持续发展形成了限制作用。

3 冷链物流中心节能型建筑围护结构设计策略

3.1 外墙保温与结构优化设计

在冷链物流中心开展节能型建筑围护结构设计工作时,外墙保温以及结构优化设计属于达成整体节能目标的关键环节,同时也是确保低温储存环境稳定性的关键前提条件。外墙身为建筑围护结构当中主要的热阻层,其保温性能会直接对室内温度的维持情况以及制冷系统的能耗水平产生影响。所以在设计流程里,得全面考量材料性能、墙体厚度、施工工艺还有长期耐久性等方面因素。挑选高性能保温材料的时候,既要考虑到它具有导热系数低这一特性,又要兼顾其耐湿、抗压以及防火等诸多特性,并且要结合多层复合墙体结构来达成保温层、结构层与饰面层各自功能分工清晰明确的状态,如此既能提升热阻效果,又能保障墙体的结构强度以及稳定性。在墙体组合设计方面,务必要充分顾及热桥效应的存在,通过优化柱、梁、窗边以及接口部位的处理办法,降低冷量经由结构传导而出现的流失情况,进而削减局部能耗^[2]。外墙的气密性设计同样极为重要,严密的密封举措可有效减少因空气渗透而引发的热量损失,维持室内温湿度处于稳定状态。借助 BIM 建模以及热工性能模拟技术,设计人员能够在设计阶段针对不同材料和结构方案展开精准分析,量化外墙保温效果、热桥分布状况以及整体能耗指标,以此达成科学优化的目的。

3.2 屋面隔热与防结露设计

在冷链物流中心针对节能型建筑开展围护结构设计之时,屋面的隔热以及防结露设计属于极为关键的部分,其对于保障低温储存环境的稳定性有着重要作用,同时也能够助力降低能耗。屋面作为建筑当中暴露于外界环境的主要热交换界面,它的热工性能会对室内温度的控制以及制冷系统的负荷产生直接的影响。在设计的过程当中,应当优先去选用那些导热系数比较低、保温性能颇为优异并且还具备防潮、防霜冻特性方面的屋面材料,借助多层复合结构来达成隔热层、结构层以及防水层各自不同的功能

分工,如此一来既能保证热阻效果,又能满足结构承载以及耐久性方面的要求。与屋面设计还需要对热桥效应予以科学的把控,特别是在檐口、屋面节点以及屋顶设备接口这些位置,要采取诸如保温延伸、隔热垫片或者连续保温层之类的措施,以此来防止出现局部热量流失的情况。防结露设计则需要综合屋面材料的吸湿性、空气湿度的管理以及温差的控制等方面的情况,凭借合理的防潮层布置、通风设计以及屋面表面温度的调控举措,从而确保室内表面温度能够高于露点温度,进而避免冷凝水形成而引发的结构损伤或者是卫生方面的问题。借助 BIM 技术以及热工性能模拟工具,在设计阶段就可以针对不同的屋面方案展开三维模拟以及热湿分析,以此来量化屋面隔热的效果以及结露的风险,最终实现科学优化与节能设计的有效结合。

3.3 门窗及开口部位节能设计

在冷链物流中心开展节能型建筑围护结构设计工作的时候,门窗以及其他存在开口的部位其节能设计对于维持低温环境的稳定性以及降低建筑所耗费的能量而言,有着极为重要的作用。门窗属于建筑围护结构里热量交换较为薄弱的部分,要是它的密封性能有所欠缺或者热工性能不高,那么就容易出现冷量流失以及空气渗透的情况,进而使得制冷系统的负荷增加。在设计相关事宜的过程中,应当优先去挑选那些性能出色的节能门窗,像是多层玻璃或者夹层玻璃、导热系数比较低的型材还有高效的密封条等,以此来保障开口部位具备良好的气密性以及热阻性能。与此针对冷库的大门、出入口以及其他经常会被使用的开口部位,需要结合自动闭合系统、防风帘又或者是缓冲门厅来进行设计,从而减少冷量向外泄露以及冷热空气相互混合的现象发生^[3]。开口部位在布局以及尺寸方面同样需要经过科学的优化处理,避免因为过多或者过大的开口而造成不必要的能耗,并且要充分考虑到门窗和围护结构整体在热工方面的协调性,以此来降低局部热桥效应。借助 BIM 建模以及热工性能模拟技术,在设计阶段能够精准地分析开口部位的传热损失状况以及空气渗透的具体情况,进而量化节能的实际效果,为门窗以及开口部位在材料选择、结构形式确定以及布置方案制定等方面给出科学合理的依据。

3.4 低温环境下的气密性与热桥控制

在冷链物流中心开展节能型建筑围护结构设计之时,低温环境下气密性的把控以及热桥的控制,称得上是极为关键的环节,其对于保证室内温湿度的稳定状态、提升能源利用的效率以及防范结构出现损害等方面都极为重要。建筑处于低温条件之下,就很容易因为空气渗透以及热桥效应的缘故,致使冷量有所流失,进而让制冷系统的负荷不断增加,对储存环境的温度均匀性以及安全性都会产生影响。就气密性设计来讲,应当从整体围护结构的角度来着手,针对墙体、屋面、门窗以及接口节点等部分的密封

处理加以优化,选用高性能的密封材料并且设置连续的气密层,以此确保空气渗透量能够降到最低限度,并且在门窗以及出入口处设立缓冲区或者气闸系统,从而减少冷空气向外泄露的情况。而热桥控制方面,则需要把关注点着重放在那些容易形成局部导热的部位,像结构节点、梁柱接口、檐口以及门窗周边等地方,借助延伸保温层、使用隔热材料又或者是采用热桥断开装置等办法来降低热量的传导。

3.5 材料选择与绿色建材应用

在冷链物流中心针对节能型建筑围护结构展开设计之时,材料的选择以及绿色建材的应用,对于达成节能、环保并且能够可持续运行的目标,有着不容忽视的重要意义。围护结构所选用的材料,一方面会决定建筑的热工方面的性能以及其耐久性的状况,另一方面还会对施工的质量产生直接影响,进而关系到后期维护的成本以及给环境带来的负荷情况^[4]。就外墙、屋面还有门窗的设计而言,应当优先去采用那种导热系数相对较低、保温性能颇为出色的材料,并且这种材料还得具备良好的防潮功能以及防霜冻特性,像是聚氨酯保温板、挤塑聚苯板、复合保温墙体以及高效隔热型材等这类高性能材料,与此还需充分考虑到材料的耐久性以及抗老化方面的特性,以此来保证能够实现长期稳定的运行状态。绿色建材的应用,既着眼于材料自身所具有的节能效果,也着重强调其生产过程当中体现出的环保特性以及是否具备可循环利用的能力,比如可回收保温材料、低挥发性有机化合物涂料以及节能型门窗材料等等,这些都能够有效地减少对环境所造成的负面作用。在设计的阶段当中,借助 BIM 技术针对不同的材料组合来开展热工性能的模拟以及环境影响的评估工作,进而将节能的效果以及生命周期内的能耗情况进行量化处理,以此为科学地选材事宜给出相应的依据。而且,通过合理地搭配材料以及对其加以优化布置的方式,是能够切实有效地降低热桥效应的,还能提高气密性以及防结露性能,如此一来便能够进一步提升冷链物流中心整体的节能水准,达成建筑性能、环境保护以及经济效益三者的有机统一,从而为低温储存环境给予安全、稳定并且可持续的有效保障。

4 结语

冷链物流中心节能型建筑围护结构的优化设计,对于达成低能耗、高效运行以及绿色可持续发展的目标有着极为重要的作用。通过科学地去优化外墙保温方面的工作、屋面隔热的相关事宜、防结露设计的各个环节、门窗以及开口部位的节能举措,另外再控制热桥并提升气密性,同时结合高性能以及绿色建材的应用情况,是能够明显改善建筑热工性能的,可减少冷量的损失,也能降低制冷系统的负荷。与此凭借 BIM 技术展开三维建模以及热工性能模拟的操作,不但可以在设计阶段针对

方案开展量化分析并且加以优化，而且还可以提升设计的精度以及施工的效率。在未来，随着节能技术以及数字化手段不断地发展，这些优化策略会给冷链物流中心带来更为高效、更为安全且更具可持续性的运行保障，对于提升整个行业的节能水平以及环境可持续性都有着十分积极的意义。

[参考文献]

[1]牛亚丽,李艺菲,逯腾吉.“双碳”目标下生鲜农产品冷链物流业的发展策略[J].农村·农业·农民,2025(7):33-37.

[2]韩景灵.山西省农产品冷链物流节能减排路径分析[J].中国储运,2025(2):101-102.

[3]庞锦豪,苟昱琛.双碳背景下冷链物流发展策略研究[J].中国储运,2024(9):191-192.

[4]秦玮玮,黄怡铭,刘茂锋,等.低碳背景下冷链物流发展研究[J].中国储运,2024(4):106-107.

作者简介：任志坤（1987.9—），籍贯：河北唐山市乐亭县，男，汉，工程师，硕士，研究方向：冷链建筑及食品加工建筑。