

冷库制冷工艺设计简化和节能的探讨

王婵君 常广勋 王明章

华商国际工程有限公司, 北京 100069

[摘要]随着冷链物流以及食品安全方面需求的快速增长,冷库制冷系统在设计环节面临着更高的性能要求以及能效要求。传统冷库制冷工艺设计一般结构较为复杂,设备种类繁多,使得投资成本以及运行成本一直处在居高不下的态势,并且还难以契合多种食品对于温度所提出的差异化需求。文章着重围绕冷库制冷工艺的简化设计以及节能技术展开细致探讨,剖析当下制冷工艺存在的各类问题,给出在多蒸发温度条件之下的设计简化方案,将双级制冷系统以及智能自动化技术相结合,去探寻节能型制冷设备的选型办法以及优化举措。再者通过送风系统合理的设计以及多温区的综合调控,达成冷库系统能够高效且稳定地运行这一目标。结合库房利用率以及节能效益的相关分析,指出冷库设计在未来的发展方向。研究显示,合理的工艺简化以及节能技术的应用,既能降低系统复杂程度和能耗,又能提升食品储存品质,具备不错的推广应用价值。

[关键词]冷库设计;制冷工艺;工艺简化;节能技术

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17241

中图分类号: TB657

文献标识码: A

Discussion on Simplification and Energy-saving of Cold Storage Refrigeration Process Design

WANG Chanjun, CHANG Guangxun, WANG Mingzhang

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

Abstract: With the rapid growth of demand in cold chain logistics and food safety, cold storage refrigeration systems are facing higher performance and energy efficiency requirements in the design process. The traditional cold storage refrigeration process design generally has a complex structure and a variety of equipment types, resulting in high investment and operating costs, and it is also difficult to meet the differentiated temperature requirements of various foods. The article focuses on the detailed exploration of simplified design and energy-saving technologies for cold storage refrigeration processes, analyzes various problems existing in current refrigeration processes, and provides simplified design solutions under multiple evaporation temperature conditions. By combining two-stage refrigeration systems with intelligent automation technology, the article explores the selection methods and optimization measures for energy-saving refrigeration equipment. Furthermore, through the rational design of the air supply system and comprehensive control of multiple temperature zones, the goal of efficient and stable operation of the cold storage system can be achieved. Based on the analysis of warehouse utilization rate and energy-saving benefits, point out the future development direction of cold storage design. Research shows that reasonable process simplification and the application of energy-saving technologies can not only reduce system complexity and energy consumption, but also improve food storage quality, and have good promotion and application value.

Keywords: cold storage design; refrigeration process; process simplification; energy-saving technology

引言

冷库属于现代食品储存以及冷链物流范畴内的关键构成部分,其制冷工艺设计是否合理,会直接对食品的保存质量以及系统的运行效率产生影响。近些年来,食品种类变得多样起来,而且冷链标准也在不断提高,如此一来,冷库制冷系统就得满足不同产品对于温度以及湿度的诸多需求,传统那种单一蒸发温度的设计方案已经很难适应新的情况了。并且,制冷系统设备自身的复杂程度越来越高,能耗问题也日益凸显,这无疑给投资成本以及运行维护增添了很大负担。怎样在能够满足多种蒸发温度食品工艺要求的前提下,借助工艺设计方面的简化来降低系统的复杂度,同时结合节能技术去提高能源利用效率,已然成为冷库设计领域迫切需要去攻克的难题。本文依据现有的

技术状况以及实际应用的情况,全面且细致地梳理冷库制冷工艺当下的现状以及所面临的挑战,深入探讨合理的设计简化策略以及节能方面的措施,希望能够为冷库制冷系统给出一种既具备经济性又拥有高效性的解决办法。

1 冷库制冷工艺现状分析

当下,冷库制冷系统的构建往往依靠多机并联的方式、分区制冷的手段以及颇为复杂的管路控制办法,如此一来便能够契合不同储藏物对于温度所提出的严苛要求。传统工艺一般会选用单级压缩机系统,并且配合多个蒸发器来达到温区的合理分配。伴随库房规模变得越来越大以及食品种类日益多样,这种方法使得设备的数量出现大幅增长的情况,系统自身的复杂程度也随之有了明显的提升,制冷剂的充注量也在不断增加,与此维护工作的难度同样呈

现出同步上扬的态势。除此之外,单级系统还存在着压缩比偏大、能效相对偏低以及排气温度较高的诸多问题。尤其是在那些需要维持较低蒸发温度的冷库当中,系统的能耗会大幅度地增加起来,其运行成本也始终处于居高不下的状态。在制冷工艺里的送风系统设计方面,大多采用的是传统风机以及通风管路,由于风量控制不够精准,这就致使库内的温湿度分布呈现出均匀的状况,进而对食品储藏的品质产生了影响。随着节能减排政策不断得到强化以及绿色建筑理念持续地得以推广,冷库制冷工艺当下的实际状况已然无法与现代化的发展需求相匹配了,迫切需要在确保工艺性能得以维持的基础之上,去达成设计方面的简化以及能耗方面的降低。

2 制冷工艺设计简化策略

2.1 设计简化的必要性

在存在多种蒸发温度需求这样的情形下,冷库制冷系统的复杂程度会对设备投资、安装施工以及后期维护成本产生直接的影响。其复杂的管路以及多级控制情况,一方面增加了设计方面的难度,另一方面也使得系统出现故障的风险有所增大,进而对制冷系统的稳定性和安全性都造成了影响。而且,复杂的系统结构还会致使运行管理的难度上升,加大操作人员的培训负担,最终对运行效率产生影响。设计加以简化,可以通过减少设备的数量并且优化系统的流程,以此来降低初期的投资以及维护成本,提高系统的可靠性以及操作的便捷性。简化设计还有利于节省空间,提高建筑的利用率,对于那些土地资源较为有限或者对扩建有较高要求的场所而言,这一点显得格外重要。所以说,针对多温区以及多食品工艺的需求,合理地开展设计简化工作,是达成冷库制冷系统经济性与实用性的重要途径。

2.2 常见简化设计方法

设计方面的简化工作主要涉及多个层面,像是要减少设备类型以及数量、对系统流程予以优化、使控制策略达成统一等。运用模块化的方式来开展设计,借助标准化的制冷单元达成灵活的配置效果,如此一来便能减少针对专用设备所进行的开发以及采购活动。接着,选用具备多种功能且能够复用的设备,比如说用双级压缩机系统去取代由多台单级机组组合而成的系统,凭借中间冷却器来促使压缩比得以降低,进而提升系统的效率并且让管路连接变得更为简单。除此之外,还需对制冷剂的流向以及管道的布局加以优化,避免出现那些不必要的循环环节以及复杂的分支情况,从根源之处减少管路布置的数量以及控制阀门的数量。在控制系统这块领域,采用统一的智能调控平台,以此实现对多蒸发温度以及湿度的集中化管理,简化传统那种分散控制的操作流程,提高自动化的程度。凭借着这些设计手段,既能满足工艺方面的需求,又可以大幅度地降低系统的复杂性。

2.3 多蒸发温度工艺的简化方案

在食品工艺方面,因其对于多个蒸发温度有着相应的

需求,传统的做法往往倾向于采用多机多蒸发器这样的配置方式,如此一来,便使得整个系统变得颇为复杂,同时能耗也处于较高的水平。而简化方案主要是针对双级制冷系统来展开相关探讨的,具体是借助高低压两级压缩机加以组合,凭借中间冷却器达成对不同温度区蒸发压力的调节操作,进而能够满足多温区所提出的制冷方面的要求。该系统让高压级去承担起较为重大的制冷负荷,而低压级则负责低温区的制冷事宜,这样就可以有效地将单级压缩机的压缩比降下来,进而提升制冷的效率以及设备所具备的安全性。除此之外,通过设置恒压主阀以及自动调节阀门这两项举措,能够切实保证各个蒸发器在温度以及压力方面都维持在稳定的状态,防止彼此之间出现相互干扰的情况。这一方案一方面减少了单独去配置多台设备的那种需求,另一方面也使得系统的复杂程度得以降低,并且还将运行能耗给降了下来,最终成功实现了多蒸发温度工艺的简化以及节能这两大目标。

3 节能技术与措施

3.1 节能型制冷设备选型

在冷库系统的能源消耗构成方面,制冷主机设备的能效水准处于极为关键的位置,所以说,恰当的设备选型乃是节能设计最为基础的前提条件。相较于传统的活塞式压缩机而言,螺杆式或者离心式压缩机由于拥有更高的能效比、更为稳定的运行特性以及更低的故障发生率,所以渐渐地成为了大型冷库较为优选的对象。特别是在负荷变化幅度相对较大的应用场合当中,变频型压缩机可以依据实际的负荷情况自动地去调整自身的运行频率,如此一来便能够有效地防止能量出现无谓的浪费现象。除此之外,冷凝器以及蒸发器的选择同样不可以被忽视掉,应当优先选用那些具有较高换热效率的板式、壳管式或者是微通道式的换热器,通过这样的方式来降低在热交换过程里所存在的能量损耗情况。对于像循环泵、冷却塔以及风机这类辅助设备来讲,也得依照它们的能效等级、运行时产生的噪音状况以及控制操作的便捷程度等方面来综合地加以考量,从而从最开始的源头处对整个系统的能耗水平予以把控,进而保证制冷系统在达成工艺目标之际,还能够同时兼顾到经济方面的考量以及对环境的友好特性。

3.2 双级制冷系统及变负荷控制

在低温需求比较突出且蒸发温度相对较低的冷库系统当中,单级压缩循环往往会因为压缩比超出合理范围,出现能效降低以及排气温度过高的情况,这不但让能耗有所增加,而且会缩减设备的使用寿命。双级制冷系统凭借设置高低压两级压缩机以及中间冷却器的方式,把压缩过程划分成不同阶段来完成,能够有效地减轻每一级压缩机所承受的负荷,进而提升整个系统的能效比。在系统设计环节,中间冷却器除了有降温的作用之外,还能够回收一部分冷量,将其应用于中间负荷的蒸发器供冷方面,以此

达成冷量的高效分配。与此在冷库系统里引入变负荷控制策略显得极为重要。依靠变频器、电控节流阀以及智能控制器,系统可以实时对负荷变化做出反应,动态地调整压缩机的启停状态、制冷剂的流量以及风机的转速,从而在各种不同的运行工况之下始终维持在接近最优能效点的状态。这样的灵活运行机制,一方面明显降低了设备的启停次数,减少了机械方面的损耗,另一方面也让冷库系统在整个运行周期当中具备更强的能源适应性以及经济性。

3.3 智能控制与自动化节能技术

现代冷库制冷系统节能提升依靠设备能效改进,关键靠智能控制、自动化手段精细管理。传感器、物联网技术成熟,可实时采集温度、湿度、压力、电流、能耗等数据并传到中央控制平台。控制系统依据数据自动分析负荷状态,智能判断制冷设备启停逻辑,动态调整运行参数,减少无效运行时间、能源浪费。自动化系统还有预测性维护功能,可提前发出维护预警,避免设备异常造成能耗突增、运行中断^[1]。自动化节能技术还体现在对库房温湿度的精确调控、分区管理上,通过区域差异化控制实现按需制冷、精准送风,提高冷库运行整体能源利用效率。“感知—分析—响应”智能控制模式,标志着冷库节能进入以数据驱动为核心的新阶段。

4 冷库多温区综合设计

4.1 高低温库房设计方案

在冷库的制冷系统当中,高低温库房的协同设计属于一种重要策略,其能够针对多样化的食品储藏需求予以应对。鉴于像肉类、海鲜、蛋类、水果以及蔬菜这类食品,它们对于存储温度有着不一样的要求,传统的那种单温冷库已经很难去契合市场所提出的灵活性以及复合功能方面的需求了。高低温库房的设计方案一般会采用分区或者独立分室的结构形式,并且在制冷工艺层面会把统一系统和分区调控结合起来,以此来达成温区间相对独立的运行状态。就结构配置来讲,要依照各类食品对于环境所具有的敏感程度来确定库体的保温等级以及隔热分区,与此同时还要布置独立的风道系统,从而避免出现冷热气流相互串扰的情况。在制冷设备配置这块儿,得依据库温的具体需求来设置不同蒸发温度的蒸发器,并且借助恒压阀或者电子膨胀阀来实施精准的控制^[2]。除此之外,该设计方案着重强调库体空间的灵活性,其中部分区域能够依据季节或者经营方面的需求调整成为高温区或者是低温区,这无疑大幅度提高了冷库的综合利用率以及经济方面的效益。凭借高低温库房的一体化设计,不但能够保障食品的品质与安全,而且还能够满足现代化冷链企业对于功能复合型冷库的实际需求。

4.2 温湿度控制与稳定性保障

温湿度是影响食品储藏品质的重要环境因素,其稳定情况与冷库运行效率以及商品保鲜效果息息相关。鉴于冷库有多温区运行的特点,所以温湿度控制系统得有分区调

节的能力,并且还要有快速响应的机制。在设计方面,借助引入独立传感器网络来达成各温区实时数据的采集,再结合智能控制系统对压缩机、风机、加湿器等关键设备展开精细化的调节,以此保证各个库房能保持在最为合适的温湿度区间内^[3]。要强化稳定性,系统还需配备与之对应的反馈机制以及异常响应程序,当受到外部环境出现波动或者内部货物频繁进出等因素的影响时,能够快速恢复到设定的状态。风道的布置方式以及送风的形式也会对温湿度分布的均匀性造成较为明显的影响,运用条缝型微风速送风系统可以有效地降低温差以及局部干耗,提高整体贮藏的均质性。除此之外,库门频繁开启关闭所引发的冷量流失以及湿度波动,需要借助设置气帘、缓冲间以及高效密封材料等办法来加以控制。综合来看,构建以智能调控当作核心、机械结构作为辅助的温湿度稳定保障体系,是达成高质量冷库运行的关键所在^[4]。

5 结语

随着食品冷链物流以及绿色低碳理念不断向前发展,冷库制冷系统在确保食品安全以及提升经济效益方面所发挥的作用变得日益重要起来。传统冷库制冷工艺存在诸多问题,比如系统结构较为复杂、能耗相对较高、效率偏低等,这些问题使得其很难满足现代冷库建设对于高效以及可持续方面的需求。本文着重围绕冷库制冷工艺的简化以及节能优化展开分析,深入剖析了传统工艺所面临的一系列挑战,进而提出了一套以双级制冷系统、多蒸发温度控制、节能设备选型以及智能控制作为核心内容的简化与节能方案,并且结合多温区设计来探讨高低温协同、精准温湿度控制以及空间利用优化的相关策略。研究得出的结论显示,合理的工艺简化不但能够降低相应的成本,而且借助多温区设计以及智能节能技术,还能有效提升能源效率以及设备的可靠性。在未来冷库建设的过程当中,应当持续推进节能技术与智能控制的深度融合,大力推动标准化以及模块化冷库系统的实际应用,以此达成节能、环保以及高效运营的目标,从而为我国冷链基础设施实现高质量发展给予有力的支持。

【参考文献】

- [1] 潘洪准.大型冷库制冷系统能耗范围探讨[J].制冷,2023,42(2):63-66.
- [2] 李重谦.冷库制冷能效管理研究进展[J].冷藏技术,2024,47(4):60-66.
- [3] 钟万华.关于大型冷库制冷系统的能效对比探究[J].今日制造与升级,2024(4):158-161.
- [4] 潘洪准.大型冷库制冷系统能耗范围探讨[J].制冷,2023,42(2):63-66.

作者简介:王婵君(1980.2—),女,民族:汉,籍贯:天津,职称:高级工程师,学历:本科,毕业院校:天津商业大学,研究方向:制冷工艺。