冷库制冷系统设计中常见问题的探讨

王婵君 王明章 常广勋
华商国际工程有限公司，北京 100069

[摘要]伴随冷链物流以及食品保鲜行业不断向前发展，冷库在确保食品质量以及延长货物储存时间方面有着十分重要的作用。不过当下冷库的制冷系统设计还存在着不少问题，这些问题一方面影响了冷藏库的运行效率以及制冷效果，另一方面也造成了能源的浪费并且使得运行成本有所提高，对冷藏库的可持续发展形成了限制。这篇文章针对冷库制冷系统设计里那些典型的难题展开系统剖析，目的是为设计方面的优化以及节能减排给予一定的理论依据与实践方面的参考。

[关键词]冷库；制冷系统设计；问题及策略
DOI：10.33142/ect.v3i7.17198 中图分类号：TU249 文献标识码：A

Discussion on Common Problems in Cold Storage Refrigeration System Design

WANG Chanjun, WANG Mingzhang, CHANG Guangxun
Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

Abstract: With the continuous development of cold chain logistics and food preservation industry, cold storage plays a very important role in ensuring food quality and extending the storage time of goods. However, there are still many problems in the current design of refrigeration systems for cold storage. These problems not only affect the operational efficiency and cooling effect of cold storage, but also cause energy waste and increase operating costs, which limits the sustainable development of cold storage. This article conducts a systematic analysis of typical challenges in the design of refrigeration systems for cold storage, with the aim of providing theoretical basis and practical reference for design optimization and energy conservation and emission reduction.

Keywords: cold storage; refrigeration system design; problem and strategy

引言

随着现代冷链物流以及食品保鲜方面的需求快速增长起来，冷库已然成为保障食品安全以及质量的关键基础设施，所以其制冷系统设计的科学性与合理性越发受到人们的关注。冷藏库的制冷系统肩负着维持库内温度处于低温且恒定状态这样的关键任务，同时它还对储存物品的品质、能耗水平以及运营成本产生着直接的影响。不过在实际的工程设计以及运行进程当中，依旧存在着不少显而易见并且普遍存在的一些问题，这些问题一方面制约着冷藏库制冷系统性能的正常发挥，另一方面也加大了维护的难度并且加重了能耗的负担。像制冷系统负荷计算出现不准确的情况、设备选型不够合理、管路设计以及保温措施存在缺陷、控制系统响应速度迟缓还有能耗管理以及节能设计有所欠缺等等这类问题，在冷库的设计与建设环节当中是广泛存在的，它们对冷藏库的使用效果以及经济效益造成了极为严重的影响。针对这些存在的问题，去深入剖析其产生的原因以及呈现出来的表现形式，并且提出切实能够施行的优化策略，这对于提高冷库的设计水准、保障冷链的安全以及推动绿色节能工作都有着十分重要的意义。本文主要是要全面且细致地梳理冷库制冷系统设计中那些常见的问题，借助对其在技术层面以及管理层面所存在不足之处展开分析，再结合先进的技术以及管理手段，给出科学且合理的改进办法。

1 冷库制冷系统设计中常见问题分析

1.1 制冷系统负荷计算不准确

在冷库开展制冷系统设计的时候，制冷系统负荷计算出现不准确的情况是比较常见的，并且这一问题产生的影响颇为严重。负荷计算在整个制冷系统设计当中属于基础环节，它的精准与否会直接影响到后续的设备选型工作、管道的布置情况、系统的运行效率以及能耗方面的水平。不过在实际的设计流程里，有一部分设计人员因为对冷藏库的使用功能、储存货物的种类还有货物进出的频率等因素考虑得不够周全，往往会仅仅凭借个人经验或者运用简化的计算办法，把建筑结构的热传导情况、人员以及设备的散热状况、开门次数所引发的热负荷，还有货物初冷期间的热湿交换等都给忽略了，如此一来就使得计算得出的结果存在很大的偏差。而且还有部分设计没有充分考虑到冷藏库所在地区气候变化的因素以及全年的运行工况，进而使得设计出来的冷量不是偏小就是偏大，这对系统运行的稳定性以及经济性都产生了影响。

1.2 制冷设备选型不合理

在冷库的制冷系统设计环节当中，制冷设备选型欠合理这一情况，已然成为致使系统运行效率不高、能耗过高的情况出现，同时还会让维护成本有所增加，这无疑是一个较为突出的问题。部分设计单位在开展设备选型相关工作的时候，没能很好地将实际工况以及冷藏库的实际使用需求充分结合起来考虑，大多是以自身的经验来做出判断

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的，对于设备的各项性能参数、运行时的稳定性状况、适用的具体环境以及从长远来看其运行的经济性等方面，并没有去做综合性的分析考量。就好比说，有些设计在碰到那种存在大温差、负荷变化幅度也很大的场景时，依旧采用单一型号或者固定容量的制冷设备，如此一来，设备在处于部分负荷状态的情况下，就会频繁地进行启停操作，这对系统的稳定运行以及使用寿命都产生了不利影响[1]。除此之外，还有部分项目并没有依据冷藏库的具体用途（像是速冻、冷藏又或者是保鲜等不同用途）去选择具备相应功能特性的设备，结果导致设备没办法满足所需要的温湿度控制方面的要求，最终对贮藏货物的品质也造成了影响。

1.3 管路设计及保温措施缺陷

在冷库的制冷系统设计环节当中，管路设计以及保温措施方面存在着一定的缺陷，而这一情况恰恰是影响系统运行效率以及制冷效果的关键因素之一。部分从事设计工作的人员在着手布置管道的时候，没有全面且细致地去考量管路的长度、走向、坡度以及敷设的具体方式，如此一来便致使制冷剂流动时所遇到的阻力有所增大，系统出现过高的压降状况，并且还极有可能会出现局部气液分离或者回油不够顺畅的这类现象，进而对压缩机的正常运转以及系统的整体稳定性都产生了不利的影响。除此之外，像冷凝管、蒸发管等在系统中极为关键的部位，在设计之时并没有按照相关的工艺要求留出足够的用于维修与更换的空间，这无疑给后期的维护工作带来了相当大的麻烦。就保温措施来讲，有些工程项目在选择管道的保温材料以及设定其厚度的时候并不恰当，尤其是在那种高温且高湿的环境之下，保温层很容易就会出现吸湿、老化、变形等一系列的问题，这就使得冷量出现了较为严重的损失情况，同时系统能耗也随之大幅度地上升。更有甚者，由于保温施工工艺比较粗糙，又或者是对施工质量的把控不到位，从而导致保温层出现缝隙、发生脱落或者产生热桥效应等不良情况，最终引发管道出现凝露、滴水等现象，甚至还会出现腐蚀、结霜等状况，这既影响到了制冷的效果，而且还可能对设备的安全以及冷库内部的卫生环境都构成潜在的威胁。

1.4 控制系统响应迟缓或不稳定

在冷库的制冷系统设计环节当中，控制系统出现响应迟缓或者运行不够稳定的情况，这无疑属于影响整个制冷系统达成精确调控以及实现高效运行的常见问题之一。冷藏库对于温度、湿度等诸多参数的控制精度有着颇高的要求，倘若控制系统的响应不够及时，又或者指令传输不够准确，那么便极易致使冷库内部的温湿度出现频繁波动的状况，进而对贮藏物品的品质以及安全产生影响。有些工程在设计伊始并未充分考量控制系统和制冷主机、传感器、阀门等各类设备之间的匹配情况，如此一来便使得自动控制逻辑不够完善，参数设置也不够合理，最终造成系统运行时频繁地启停，又或者没办法依据负荷变化来动态地调整自身的运行状态[2]。除此之外，控制系统硬件配置得当与否，亦或是通讯线路设计是否规范，倘若存在问题，那么同样有可能引发诸如数据延迟、信号干扰乃至控制失灵等一系列问题，这对制冷系统的运行效率以及稳定性造成了极为严重的影响。

1.5 能耗管理与节能设计不足

在冷库开展制冷系统设计之时，能耗管理以及节能设计存在诸多不足，这可算得上是普遍存在的状况，并且这一情况对于长期运行成本所产生的影响极为显著。冷藏库属于典型的高能耗建筑类型，其中的制冷系统往往就是能源消耗最为集中的源头所在。倘若在设计环节没有全面且细致地去考量节能方面的各项策略，那么在后续的实际运行过程当中，便极有可能出现能源被大量浪费的情况，进而使得整个系统的经济性大打折扣。有些项目在设计流程当中，把过多的关注点都放在了如何满足制冷能力的要求之上，然而却完全忽略了针对系统整体能效所应当开展的评估工作，也没有依据实际情况合理地去挑选那些具备高能效特性的设备，如此一来，就致使设备在实际运行当中的效率变得极为低下。不仅如此，还存在着缺乏一套系统化能耗分析与评估工具的状况，这就导致设计工作没办法准确地去量化不同设计方案给能耗所带来的具体影响，同时也很难达成具有针对性的优化效果。在节能设计这个层面上来讲，部分冷藏库并没有设置像热回收、变频控制、分区调节这类的节能功能，其系统运行的方式也比较单一，在面对季节变换或者负荷发生变化的时候，也无法自动地去调整自身的运行策略，最终使得能耗一直处于过高的状态。

2 优化冷库制冷系统设计的策略与措施

2.1 提高负荷计算的准确性

提高负荷计算的精准度乃是优化冷库制冷系统设计的关键环节，其与制冷系统设备选型是否合理、运行效率高低以及能源消耗控制水平紧密相关。在实际设计进程中，需要全面考量诸多影响因素，针对冷负荷展开科学且严谨的计算，这其中包括库体围护结构的传热负荷、货物进出时带入的热量、人员和设备散发的热量、照明产生的热负荷、通风换气带来的热量等，并且要对货物预冷期间的瞬时负荷以及日常运行过程中的动态负荷变化加以评估。库房的地理位置、气候条件、建筑朝向以及季节温差等外部环境因素同样要作为负荷评估的重要参考依据，以此保证设计方案契合实际运行的需求。为了提升计算精度，应当运用先进的负荷计算软件或者构建数学模型来对各类负荷展开模拟分析，防止因经验估算或者参数选取不妥当致使负荷计算出现偏差。

2.2 合理选型与设备配置

合理选型以及设备配置，这可是确保冷库制冷系统能够高效且稳定地运行的重要环节，它对于保障制冷效果、降低能耗还有延长设备使用寿命等方面有着极为重要的意义。在实际开展设计工作的过程当中，设备选型应当以准确的负荷计算得出的结果当作基础，再结合冷藏库具体的用途、规模、温湿度的要求以及运行工况等情况，综合去考量制冷设备的制冷能力、运行效率、适用环境、控制

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

方式还有其能效比等诸多关键参数，务必要保证所选取的设备能够在不同季节以及不同工况下都可满足冷库动态负荷的需求。特别是在面对那些货物种类多种多样、进出又十分频繁的冷库场景时，就更要优先去选择具备多级调节功能以及有自动负载调控能力的制冷设备了，如此一来便可避免因设备频繁启停而出现的能耗浪费以及运行不稳定的状况[3]。与此在设备配置的过程当中，还应当重视系统的整体匹配性和协同性，比如说压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀等各个部件的容量需要合理地相互匹配起来，以此来保证系统运行的平衡性和可靠性。从系统结构设计的角度来讲，要优先采用那种高效节能型的设备，像是变频压缩机、高效换热器以及智能化控制模块等等，通过这些举措来提升整体的运行效率，进而降低运行成本。

2.3 优化管路设计与强化保温

优化管路设计以及强化保温举措对于提升冷库制冷系统的运行效率而言极为关键，能够有效降低冷量损耗并确保库内温度维持稳定状态。在制冷系统当中，管路属于制冷剂输送的重要通道，其布置方式是否合理会直接对系统的流动阻力、换热效率以及能耗水平产生影响。在实际开展设计工作时，需要依据冷藏库的结构布局情况、设备所处的位置以及具体使用功能来科学规划管道的走向以及长度，要尽力避免出现不必要的迂回状况以及过长的管线情况，与此同时还要确保有合理的坡度以及回油设计，以此来减少制冷剂在管路里面出现的压降以及滞留情况，进而提高系统的循环效率。尤其是在多联机组或者多区间制冷系统这种情况下，更要着重关注管路之间压力的平衡与分配是否合理，防止系统在运行过程中出现不稳定的情况。除了从流体动力学方面进行设计之外，强化管道的保温措施同样有着十分重要的意义。因为冷藏库的内部与外部存在着较大的温差，倘若管道的保温处理做得不够到位，那么就会导致大量的冷量出现损失情况，使得制冷负荷以及能源消耗都增加起来，甚至在处于高湿的环境之下还会出现结露、滴水以及结霜等一系列的现象，进而对系统设备的正常运行以及库内环境卫生都会产生影响。在选择保温材料的时候，应当综合考虑管道的温度等级、所处的使用环境以及施工工艺等因素，优先选用那种导热系数比较低、吸湿率也比较小并且阻燃性较强的高性能材料，而且还要合理地设计保温厚度，以此来确保能够达到长期运行的效果。

2.4 采用先进智能控制系统

采用先进的智能控制系统乃是优化冷库制冷系统设计的关键举措，其可助力达成对冷藏库内部温湿度的精准调控，推动系统运行效率得以提升，促使能源消耗有所降低。智能控制系统经由集成传感器、控制器以及执行机构，可实时对库内的温度、湿度、制冷设备运行状态还有环境变化等诸多关键参数加以监测，依据预设的控制策略来自动调节制冷机组的启停情况、风机转速、阀门开度等设备运行模式，进而保证冷藏库各个区域温度维持均匀且稳定的状态，契合不同的储存需求[4]。除此之外，智能控制系统拥有数据采集与分析的功能，能够实时记录设备运行数据，结合历史数据以及环境信息展开大数据分析与预测，提前对潜在故障和能耗异常发出预警，达成预防性维护的目的，缩减设备停机时间以及维修成本。

2.5 节能技术应用与能耗监测

节能技术的应用以及能耗监测，这在提升冷库制冷系统运行效率方面而言，可算得上是极为关键的环节，其对于达成绿色节能以及可持续发展的目标来讲，有着不容小觑的重要意义。在着手设计的时候，务必要充分地引入那些较为先进的节能技术，比如说可以采用变频调速技术来对压缩机还有风机的运行加以调节，依据实际所存在的负荷需求去动态地调整设备的运行状态，如此一来便能够避免出现无效能耗的情况，也能防止因频繁启停而引发的能量浪费问题。与此要和热回收技术相结合起来，把制冷过程里所产生的余热拿来用于冷库的辅助加热或者预热工艺当中，以此进一步促使能源利用率得以提升。除此之外，还得合理地去设计分区控制以及负荷分配系统，依据不同区域所具有的储存需求以及温控标准，达成精准控温的目的，进而减少那些并不必要的能量消耗情况。在运行的这个过程当中，建立起完善的能耗监测体系那是相当重要的事情，通过去安装智能能耗监测仪表以及数据采集系统，能够实时地将各个设备以及系统的能耗数据都记录下来，再结合大数据分析技术针对能耗趋势展开评估与诊断工作，从而能够及时地察觉到异常能耗点以及潜在的节能空间所在，进而为优化运行策略给予科学层面的依据支撑。

3 结语

冷库制冷系统设计存在诸多问题，这使得系统运行效率以及能源利用效果均受到了影响。经对这些问题加以分析后能够发现，科学且合理的设计以及管理对于确保冷藏库稳定运行有着十分重要的意义。在今后应当着重强化针对负荷计算、设备选型、管路保温以及智能控制等诸多方面的优化工作，持续提升节能水平，促使冷藏库制冷系统朝着更为高效并且更加环保的方向不断发展，进而更好地契合冷链物流以及储存方面的需求。

[参考文献]

[1]唐浩.冷库制冷工艺存在的问题分析[J].工程技术研究,2020,5(3):263-264.
[2]许宁波.冷库制冷工艺存在的问题及对策分析[J].时代农机,2017,44(9):116.
[3]赵杨.大型冷藏库制冷工艺设计易见问题的探讨[J].冷藏技术,2009(4):35-39.
[4]刘军,董磊,全峰.某大型冷库制冷系统的选择[J].冷藏技术,2019,42(4):38-40.

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。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.