

冷柜化霜机制研究及自动化化霜系统设计

宋纪强 马志磊

青岛海尔特种电冰柜有限公司 山东 青岛 266000

摘要: 冷柜在使用过程中容易产生结霜现象,影响制冷效率和食品贮存。本文通过研究冷柜化霜机制,探讨自动化化霜系统设计中的关键技术和算法。针对霜层厚度检测技术、智能算法应用和系统稳定性提升等方面进行深入分析,提出相应的解决方案,以优化冷柜化霜效率和性能。

关键词: 冷柜化霜; 自动化

1 冷柜化霜的原理分析

冷柜化霜是指在使用过程中,冷柜内的霜结冰被自动融化并排出的过程。其原理是通过冷柜内部设置的化霜装置或系统,使霜结冰进行融化,同时将融化后的水分自动排出,从而保持冷柜内部的制冷效率。冷柜内部产生霜结冰的主要原因是冷凝在制冷过程中产生的水蒸气在冷藏室内结冰,当制冷过程中的水蒸气在冷凝管中被冷却凝结后,就会变成水,随着时间的推移,这些水滴会逐渐凝固形成霜。而霜的存在会影响冷柜的制冷效果,增加能耗,并降低制冷性能。冷柜化霜的原理主要通过两种方式来实现,一种是霜结冰自动融化的周期性制冷制热方式,另一种是通过除霜加热系统进行快速融化。周期性制冷制热方式是指在制冷期间,冷柜内置有加热元件,定期通过这些加热元件将霜进行局部融化,同时通过时控装置使制冷系统进入制热状态,将霜结冰融化成水,然后通过排水管排出。而除霜加热系统则是在霜结冰过多时通过控制系统加热整个冷柜内部,使霜迅速融化。化霜过程中融化的水流会通过冷柜内设置的排水系统排出,避免水分滴落到食品或冷藏室中。排水系统通常包括排水管道和融化水流通道,融化的水流通过排水管道流至冷柜外部的蒸发板上或排水盘中,从而实现水分排出。冷柜化霜的原理是通过自动融化霜的方式来维持冷柜内部的制冷效率。通过周期性制冷制热方式或快速除霜系统,将霜结冰融化成水,并通过排水系统排出,保持冷柜内部清洁,提高制冷效果,延长冷柜的使用寿命。

2 冷柜结霜机理与影响分析

2.1 冷柜结霜的物理过程与化学机制

冷柜结霜是指在使用过程中,由于冷藏室内的湿度过高,空气中的水汽在冰箱内壁和食物表面凝结形成霜。结霜的物理过程主要包括冷藏室内环境湿度高、温度低,水蒸气在冷柜内壁和食物表面遇冷凝结成水滴,

继而发生冰冻。化学机制上,生鲜食物本身会释放水蒸气,当这些气体与冷柜内空气中的水蒸气结合,遇冷凝结时,也会导致结霜^[1]。结霜除了和冷藏室内湿度和温度有关外,还可能由多种因素引起,如冷柜密封性不佳、制冷系统制冷能力不足、食品存放方式不当等。有效控制冷柜内部的湿度和温度,维护冷柜的密封性和制冷性能,对于减少结霜现象具有重要意义。

2.2 结霜对冷柜性能及效率的影响

结霜对冷柜性能和效率造成了负面影响。结霜会阻碍冷藏室和制冷管路之间的热交换,导致制冷系统的制冷效率降低。结霜会增加冷柜的能耗,因为结霜会导致冷藏室内部的绝缘性能下降,制冷系统需要消耗更多的能量来保持设定温度。此外,结霜影响了冷柜内部的空间利用率,降低了有效存储食物的空间。结霜现象还会引发冷藏室内部细菌繁殖,影响食品的新鲜度和卫生安全。如果结霜时间过长且不及时清理,霜层内部混入细菌,不仅危害食品品质,还可能影响人体健康。

2.3 结霜过程中冷柜内部温度分布研究

冷柜结霜过程中,冷柜内部的温度分布对结霜现象的产生和发展起着至关重要的作用。研究冷柜结霜过程中的温度分布状况,可以为准确评估结霜程度和寻找解决方法提供重要数据支持。通过对冷柜内部温度分布进行系统研究,可以发现结霜较为集中的区域和结霜速度较快的位置,有针对性地调整冷柜内部的温度分布。采取一些措施,如定期清洁冰箱内部、调整食品存放位置等,可以有效减缓结霜速度,减少结霜现象的发生。同时,改进冷柜的防霜设计和加强制冷系统的维护保养,也是有效解决结霜问题的途径。结霜是一种常见的现象,对冷柜的性能和效率都会产生不利影响。通过了解冷柜结霜的物理过程与化学机制、对其影响进行分析、并研究结霜过程中的冷柜内部温度分布,可以更好地理解结霜问题的产生原因、采取有效措施减少结霜现象,

保持冷柜的正常运行状态。

3 自动化化霜系统设计

3.1 化霜系统的组成及工作原理

自动化化霜系统是现代冷柜中常见的功能之一，通过自动化技术帮助减少结霜现象，维持冷柜的制冷效率和性能。化霜系统的设计和工作原理直接影响到冷柜的使用效果和能耗节约。自动化化霜系统通常由以下几个主要组成部分构成：化霜控制器、加热元件、融霜排水管道和排水系统。在化霜过程中，化霜控制器起着核心作用，它会根据预设的参数监测冷柜内部的结霜情况，一旦检测到结霜达到一定程度，控制器就会启动加热元件。加热元件可以是冷柜内部设置的加热线圈或加热导管，通过加热作用使结霜区域局部升温，将霜融化为水。融化后的水会通过排水管道流向融霜排水系统，最终排出冷柜。化霜系统的工作原理主要是基于热力学的原理。当结霜达到一定厚度时，化霜控制器会发送指令启动加热元件，通过加热使结霜区域的温度升高，将冰霜融化为水^[2]。在加热过程中，控制器还会实时检测结霜区域的温度变化，确保加热均匀、融化彻底。融化后的水通过排水管道流向融霜排水系统，经过整个排水系统的导流，最终排出冷柜。自动化化霜系统的设计目的是通过智能控制和自动化技术，减少结霜对冷柜性能和能耗的不利影响，提高冷柜的整体工作效率。自动化化霜系统采用高效的化霜控制器和合理布局的加热元件，实现结霜自动监测和加热处理，确保结霜融化的全过程自动化完成。通过优化设计和合理的运行策略，能够降低用户的维护负担和节约能源消耗，提升冷柜的使用便利性和经济性。

3.2 控制系统设计与算法选择

自动化化霜系统的设计需要重点关注控制系统的设计和算法选择，这直接关系到系统的效率和稳定性。在控制系统设计方面，可以考虑采用温度传感器、湿度传感器和微处理器等技术，以实现实时监测和智能化控制。温度传感器用于监测结霜区域的温度变化，湿度传感器则可检测冷藏室内的湿度水平，两者之间可以形成一个反馈回路，确保控制系统对结霜进行准确控制。最关键的是微处理器，作为控制系统的核心，它能够根据传感器采集到的数据，通过预设的算法控制加热元件的工作，实现结霜区域的自动加热处理。针对控制算法的选择，可以考虑使用PID算法（比例-积分-微分算法）。PID算法是一种经典的控制算法，具有调节迅速、稳定性好的优点，在自动化化霜系统中应用广泛。通过PID算法，控制系统可以根据结霜情况的实时反馈，

实现对加热元件温度输出的精确调控，从而实现结霜的有效融化。也可以考虑采用模糊控制算法，这种算法适用于复杂的非线性系统，在处理结霜过程中可能会更加灵活有效。在实际设计过程中，需要综合考虑系统的复杂性、响应速度和稳定性等因素，选择适合当前自动化化霜系统的控制算法。此外，还可以考虑引入人工智能技术，如神经网络控制算法或模型预测控制算法，来提高系统的智能化水平和性能表现，从而不断优化自动化化霜系统的控制效果。

3.3 传感器和执行器的选择与布局

在自动化化霜系统的设计中，传感器和执行器的选择与布局起着至关重要的作用，直接关系到系统的智能化程度和性能表现。对于传感器的选择，可以考虑使用温度传感器、湿度传感器和结霜传感器等。温度传感器用于监测结霜区域的温度变化，湿度传感器则可以实时检测冷藏室内的湿度水平，而结霜传感器则能够准确感知结霜的情况，从而实现智能化的反馈控制。这些传感器之间相互协作，能够提供系统所需的数据支持，实现对结霜状态的准确监测和控制。在执行器的选择方面，关键是选择适合的加热元件，如加热线圈、加热导管或加热片等。加热元件负责在系统控制下对结霜区域进行加热处理，将霜融化成水，是自动化化霜系统中最重要执行部件。根据系统的设计需求和加热要求，选择合适的加热元件能够确保系统的工作效率和能效性。在传感器和执行器的布局方面，需要根据冷柜的结构和工作原理进行合理布置。传感器应该被布置在结霜频率高和结霜严重区域，以实现实时监测。而执行器，即加热元件的布局则要考虑结霜区域的特点，确保加热均匀，融霜效果良好。传感器与执行器之间的连通也需要畅通无阻，确保传感器采集到的数据能够及时传递给执行器，实现智能控制。传感器和执行器的选择与布局是自动化化霜系统设计中不可忽视的重要环节。合理选择传感器和执行器，并将其合理布局，能够有效提升系统的智能化程度和控制效果，从而达到减少结霜、优化制冷效率的目的，提升冷柜整体性能和用户体验^[3]。

4 自动化化霜系统中的关键技术与算法

4.1 霜层厚度检测技术的选择与应用

在自动化化霜系统中，霜层厚度检测技术起着关键作用，它是实现系统智能化控制的基础。在选择霜层厚度检测技术时，可以考虑采用非接触式传感器技术，如光学传感器、声波传感器或红外传感器等。这些传感器能够准确测量结霜区域的霜层厚度，为系统提供实时准确的数据反馈。光学传感器是一种常用的霜层检测技

术,它通过光学原理测量霜层的光线透射率,并将测量值转化为霜层厚度数据。声波传感器则利用声波在不同介质中传播的速度来测量霜层的厚度,具有较高的精准性和准确度。红外传感器也可以用于测量霜层的厚度,通过红外线的反射和吸收情况获得结霜区域的厚度信息。在应用中,霜层厚度检测技术可以实现智能化控制,让系统能够根据不同的霜层厚度情况进行相应的处理。当检测到结霜区域的霜层达到设定厚度时,系统会自动启动加热元件进行加热处理,将霜层融化成水,实现自动化的化霜过程。通过合理选择和应用霜层厚度检测技术,自动化化霜系统能够更加精准地对结霜情况进行监测和控制,提高系统的智能化程度和效率。

4.2 智能算法在化霜控制中的应用

智能算法在化霜控制中的应用是实现自动化化霜系统智能化的关键技术之一。在化霜控制过程中,通过采用智能算法可以使系统能够更加灵活、高效地应对不同结霜情况,提升系统的控制精度和稳定性。在自动化化霜系统中,常用的智能算法包括PID控制算法、模糊控制算法、神经网络控制算法及模型预测控制算法等。PID控制算法结合了比例、积分和微分的控制机制,可以根据误差的大小和变化率来调整加热元件的控制信号,实现结霜过程的精确控制。模糊控制算法则更适用于处理非线性和模糊系统,在化霜控制中能够实现更灵活的控制策略。神经网络控制算法和模型预测控制算法则借助机器学习和预测技术,根据历史数据和环境变化来实现系统的智能化控制^[4]。智能算法的应用不仅能够提高化霜控制的准确性和稳定性,还能够根据结霜情况的复杂度和变化情况自适应调整控制策略,最大程度地优化系统性能。通过合理选择和应用智能算法,自动化化霜系统能够更好地适应不同的结霜工况,提高系统的自适应性和智能化水平。

4.3 系统稳定性和可靠性的提升策略

为了提高自动化化霜系统的稳定性和可靠性,需要采取一系列策略和措施,从系统的设计和运行两方面进行优化。在系统设计阶段,需要考虑合理的系统结构和元件选型,确保系统各部件的匹配性和稳定性。在系

统运行过程中,需要加强对系统的监控和维护,定期进行系统检查和维护保养,确保系统的正常运行和性能稳定。在提升系统稳定性方面,可以考虑增加系统的冗余设计,如设置备用传感器和执行器,以备系统出现故障时可以有备用方案快速切换。对系统进行严格的质量检测和性能测试,确保系统各部件工作稳定,相互配合良好。通过不断优化系统的构架设计和性能调试,提升系统的整体稳定性和可靠性。除了系统稳定性,系统的可靠性也是至关重要的考虑因素。为了提高系统的可靠性,需要制定完备的应急预案和故障诊断解决方案,确保系统在发生故障时能够及时有效地应对和解决。通过合理选择和应用霜层厚度检测技术、智能算法以及实施系统稳定性和可靠性的提升策略,可以有效提升自动化化霜系统的性能表现和使用效果。这些关键技术和算法的综合应用能够提高系统的智能化程度和自适应性,为用户提供更加便捷高效的冷柜使用体验。系统稳定性和可靠性的提升策略也将为系统的长期稳定运行提供强有力的保障。

结束语

通过对冷柜化霜机制的研究,深入理解了结霜现象对冷柜性能的影响。自动化化霜系统的设计和优化将为用户提供更加智能、高效的冷柜体验,助力食品贮存和制冷效果的提升。未来的研究方向将继续探索创新技术和算法,提高自动化化霜系统的智能化水平和性能表现,为冷柜行业的发展注入新的活力和动力。通过不断创新和努力,相信自动化化霜系统必将在冷柜领域发挥越来越重要的作用,为用户带来更好的使用体验和效果。

参考文献

- [1]张伟.李强.王婷.冷柜结霜机制及其影响因素的研究[J].家用电器科技.2022(12):68-71.
- [2]李晓明.陈华.黄翔.自动化化霜系统在冷柜中的应用研究[J].制冷与空调.2023(5):92-95.
- [3]赵丽云.杨帆.周峰.基于智能控制的冷柜自动化化霜技术研究[J].机电工程.2024(3):54-57.
- [4]刘佳.王明.陈浩.冷柜化霜过程控制与能效优化研究[J].制冷学报.2023(8):89-93.