

# 智能控制在冷库制冷系统中的应用研究

齐艳晖

(浙江库华制冷设备工程有限公司 浙江杭州 310000)

**摘要:** 冷库作为现代物流体系中不可或缺的重要环节,其稳定高效的运行直接影响着商品的新鲜度和质量。随着科技的不断进步,智能控制技术正在逐步渗透和改变冷库制冷系统的运营模式。与传统的单一恒温恒湿管理相比,基于智能算法的自动化控制不仅能够精准调节冷库环境参数,降低能源消耗,还可通过大数据分析实现对制冷设备的智能诊断和预测性维护,进一步提升冷库系统的可靠性和经济性。本文将从多个角度探讨智能控制在冷库制冷系统中的应用现状,为相关从业者提供有价值的参考。

**关键词:** 冷库; 制冷系统; 智能控制

## 前言

冷库系统是现代仓储和物流行业不可或缺的一部分,其高效稳定的运行对于保证食品、药品等商品的新鲜度和质量至关重要。而智能控制技术的应用,正在极大地提升冷库制冷系统的性能和能源效率。智能控制系统能够实时监测冷库内部的温度、湿度、压力等关键参数,并根据预设的优化算法,自动调节制冷设备的运行状态,精确控制冷库环境,避免了单一恒温恒湿的粗放式管理。这不仅能够确保冷库内部环境的稳定性,降低能源消耗,还能延长制冷设备的使用寿命,大幅提高整个冷库系统的综合效率。智能控制系统可以与大数据分析、物联网等技术深度融合,实现对制冷系统全生命周期的智能监测和优化。通过持续收集和分析冷库运行数据,控制系统能够自主诊断设备故障,预测可能出现的问题,提前采取相应措施,最大限度地减少制冷系统的意外停机和维修成本。同时,先进的数据分析还能够帮助管理者洞察冷库的实际负载情况,实现精准的能耗管理和成本控制。

## 1. 智能感知和自适应控制技术的应用

### 1.1 冷库制冷系统的特点及挑战

冷库作为保鲜冷藏的重要设施,其制冷系统面临着诸多独特的挑战。冷库内部温湿度环境较为复杂,受多种因素如进出出货量、外界天气等影响,使得系统负荷变化较大;制冷设备如压缩机、换热器等各部件会随使用时间发生性能衰减,需要动态调整控制参数;再者,制冷系统还需要兼顾节能和降低运营成本的要求。传统的冷库制冷系统多采用PID反馈控制等方法,但由于无法充分感知系统状态和环境变化,难以实现精准高效的控制。因此,迫切需要引入智能控制技术,以提升冷库制冷系统的自主调节能力,满足日益严苛的性能和能耗要求。

### 1.2 基于智能感知的冷库制冷系统优化

通过在冷库制冷系统中引入智能感知技术,可以对系统内部状态和外部环境进行全面感知和监测。具体来说,可在制冷设备、储藏区域等关键位置布置各类传感器,如温湿度传感器、电流传感器、压力传感器等,实时采集相关参数数据。结合先进的信号处理和模式识别算法,感知系统能够准确识别制冷系统各部件的运行状态,发现异常情况并预测未来的负荷变化趋势。通过分析压缩机电流波动,可以诊断出压缩机性能的退化情况;通过分析储藏区域温湿度变化,可以预测未来的制冷负荷需求。有了这些丰富的感知信息,制冷系统的控制策略可实现精准优化。比如,可根据负荷预测动态调整压缩机转速,或根据部件运行状态调整维修保养计划,从而提高系统的能源效率和可靠性。

### 1.3 基于自适应控制的冷库制冷系统优化

在智能感知的基础上,引入自适应控制技术可以进一步增强冷库制冷系统的自主调节能力。自适应控制能够根据实时感知的系统状态和环境信息,动态调整控制参数,确保制冷系统在复杂条件下保持最佳运行状态。一方面,自适应算法可以在线估计关键部件如压缩机、风机的性能参数,并据此实时优化PID控制器的参数,以抵消设备退化对控制性能的影响;另一方面,自适应控制还可以根据温湿度、人员流量等环境变化,调整制冷负荷预测模型,并动态分配制冷资源,提高系统的响应速度和稳定性。此外,自适应控制技术还可以实现制冷系统各子系统间的协同优化。比如,可根据冷藏区域的实时需求,自动调节压缩机、风机、阀门等部件的运行参数,以达到整体能耗最小化的目标。

## 2. 故障诊断与预测性维护

传统的冷库制冷系统维护往往采取被动式的维修模式,即等到设备出现故障才进行维护。然而,这种事后补救的方式不仅会造成生产停滞和巨大损失,还可能加速设备的老化和损耗。而基于大数据分析的智能诊断技术则为我们提供了全新的解决思路。控制系统会实时监测制冷设备的各项关键运行指标,如温度、压力、电流、振动等,并将这些数据进行云端存储和分析。通过机器学习算法,系统可以自主识别出设备运行状态的异常模式,并与历史故障案例进行对比,准确诊断出故障根源。同时,利用深度学习技术,控制系统还能对设备的剩余使用寿命进行预测,为维护人员提供数据支撑,有效避免突发性故障的发生。这种基于大数据的智能诊断技术不仅大幅提高了故障检测的准确性,而且能够实现对设备状态的持续监测和预警。维修人员可据此制定精准的维护计划,从而最大限度地降低维修成本和生产损失,真正实现了从被动维护向预防性维护的转变。随着5G、人工智能等前沿技术的不断发展,未来这一智能诊断模式将被进一步优化和普及,为冷库行业注入新的活力。

大数据分析除了能够提高故障诊断的精准性,还可以通过机器学习对设备故障模式进行建模和预测。控制系统会将历史维修记录、环境参数、负荷情况等多方面数据纳入分析范畴,识别出影响设备可靠性的关键因素,并建立起故障预测模型。一旦检测到某些异常信号,系统就会提前发出故障预警,为维护人员争取宝贵的应对时间。基于这种预测性维护策略,维修人员可以在设备出现大故障之前及时采取必要的预防措施,如更换零件、调整参数等。这不仅大幅降低了故障发生的概率,而且可以延长设备的使用寿命,减少不必要的维修成本。与传统的被动式维护相比,预测性维护显著提高了冷库制冷系统的可靠性和运行效率。未来,随着工业大数据技术的不断成熟,预测性维护必将成为冷库行业的标准做法。通过对

备运行数据的深入挖掘和分析, 控制系统将能够更准确地预判故障发生的时间和类型, 为维修人员提供精准的决策支持, 进一步夯实冷库制冷系统的安全屏障。

### 3. 能源优化与需求响应应用

#### 3.1 预测建模的能源优化

冷库制冷系统是典型的大功率用电设备, 其耗电量往往占到整个冷库运营成本的 70% 甚至更高。因此, 如何提高制冷系统的能源效率, 是提升冷库整体运营效率的关键。利用智能感知技术, 可以构建精准的制冷负荷预测模型。这种模型能够结合历史用电数据、环境参数以及生产作业计划等多源信息, 准确预测未来的制冷需求。有了这种预测能力, 系统控制策略就可以根据未来负荷变化 trend, 事先调整压缩机转速、风机功率等参数, 避免不必要的能耗浪费。此外, 预测模型还可以帮助识别制冷系统的用电峰谷特点, 并据此采取错峰运行、负荷削峰等措施, 将用电负荷转移至谷时段, 大幅降低平均电价。模型还可以评估不同能源优化策略的效果, 为决策者提供依据, 实现系统整体的能耗最优化。

#### 3.2 基于需求响应的峰谷负荷调节

在智能电网和需求响应计划的背景下, 冷库制冷系统也可以成为电网侧的灵活负荷资源。通过智能控制技术, 冷库制冷系统可以根据电网侧的调度信号, 主动调整自身的用电行为, 为电网提供快速、经济的需求响应服务。当电网出现用电高峰时, 冷库制冷系统可以暂时降低制冷负荷, 将部分用电转移至谷时段。这种“负荷削峰”行为不仅能帮助电网缓解用电高峰压力, 还可以为冷库运营商带来经济激励。制冷系统也可以根据电价信号, 主动调整压缩机转速、开关制冷设备等, 动态优化自身的用电成本。需求响应的灵活性不仅体现在高峰时段, 在电网出现紧急情况时, 冷库制冷系统也可以迅速响应调度指令, 暂时中断制冷运行, 为电网提供备用资源。这种“负荷切换”行为有助于增强电网的安全性和稳定性, 推动可再生能源的大规模接入。

#### 3.3 基于混合优化的能源管理

除了针对电网侧的需求响应, 冷库制冷系统自身的能源管理也可以采用智能优化技术。通过建立涵盖电力、燃料等多种能源品种的综合优化模型, 系统可以根据实时价格信号、碳排放约束等因素, 动态调配不同能源的使用比例, 达到总体能耗最小化的目标。如果冷库还配备有分布式光伏、储能等分布式能源设施, 优化算法还可以协调这些分布式资源的运行, 最大化可再生能源利用率, 进一步提升系统的能源自给能力。此外, 优化模型还可以将电网服务收益纳入考虑范畴, 在满足制冷需求的前提下, 寻求能源成本和收益的最佳平衡点。

### 4. 远程监控与集中管理

#### 4.1 物联网的远程监控

随着物联网技术的不断发展, 远程监控系统已经从传统的有线连接方式, 转向基于无线传感器网络的全新架构。在这种架构下, 各个监测点都配备有智能传感设备, 能够实时采集温度、湿度、电流、振动等各类运行参数, 并通过无线通信网络将数据传输至中央控制系统。中央控制系统则利用大数据分析技术, 对海量的监测数据进行实时处理和智能分析。例如, 可以识别设备异常状态, 及时预警并诊断故障原因; 也可以发现系统中存在的效率优化空间, 为管理人员提供改进建议。同时, 控制系统还能根据监测数据, 自动调整相关设备的运行参数, 实现被动式的远程调控。这种物联网驱动远程监控方案, 不仅能够大幅提高设备和系统的可靠性, 而且还能显著降低人工巡检和维护的成本。同时, 控制系统的集中式设计也为后续的能源管理、故障预警等功

能拓展提供了基础。总的来说, 这种远程监控技术为分布式系统的智能化管理奠定了坚实基础。

现代冷库管理已经不再局限于单个冷库, 而是面向覆盖全国乃至全球的分布式冷库网络。在这种情况下, 如何实现对分布式冷库的统一监控和灵活调度, 成为行业面临的重要挑战。基于物联网和云计算技术, 智能控制系统能够实现对多个冷库的远程监测和集中管理。各个冷库内部的传感设备会实时采集环境参数、设备状态等关键信息, 并通过网络传输至云端的统一管理平台。管理人员可以随时监控各个冷库的运行情况, 并进行集中调度, 提高整个冷链物流的协同性。同时, 云端平台还能基于大数据分析为管理者提供科学的决策支持。它可以识别出冷库之间的协同优化空间, 提出合理的负荷调配方案, 并针对性地优化设备的运行参数, 全面提升冷链物流系统的能源效率。此外, 云端平台还可以及时预警设备故障, 协调维修计划, 确保各个节点的稳定运行。

#### 4.2 云计算的集中管理

随着信息技术的快速发展, 传统的本地化管理方式已经越来越难以满足现代企业的需求。利用云计算技术, 企业可以将管理系统迁移到云端, 实现对分布式资产的集中监控和统一调度。在云管理模式, 各个分支机构或生产现场只需部署简单的终端设备, 通过互联网与云端管理平台连接。管理平台则集成了设备监控、故障诊断、能耗分析等功能模块, 能够为用户提供全方位的远程管理服务。这种集中管理模式不仅能够简化用户的 IT 基础设施建设和维护工作, 而且还能显著提高管理效率。云平台能够实时分析各分支机构的运行数据, 发现异常状况并自动触发预警; 同时, 管理人员也可以通过可视化的大屏幕, 对整个系统的运行情况一目了然, 及时做出调控决策。此外, 云管理平台的灵活性和扩展性也较强。用户可以根据业务需求随时开通或关闭功能模块, 并支持快速集成第三方应用。这种“按需付费”的服务模式, 不仅能够降低 IT 投资成本, 还能让企业的管理水平随时保持最优状态。

### 结语

智能控制技术的广泛应用, 正在重塑冷库制冷系统的运行方式, 为冷库管理注入新的动力。通过实时监测、自动优化和故障预警等功能, 智能控制系统不仅能够确保冷库环境的稳定性, 降低能耗和维护成本, 还可以为管理者提供更加精准的决策依据。随着相关技术的不断创新与完善, 相信未来冷库将成为真正意义上的“智慧冷库”, 为现代物流业的高质量发展贡献更大的价值。

### 参考文献:

- [1]基于 WINCC 的设备监控系统在汽车制造车间的应用[J].胡荣明.黑龙江科学, 2021(02)
- [2]S7-200SMART 与 WINCC 的通讯实例[J].顾涛.中华纸业, 2020(22)
- [3]真空氢气烧结炉温度控制策略研究[J].党晓圆; 马冬梅; 李洁.仪表技术, 2020(10)
- [4]R507/R744 复叠式制冷系统在水产品冷冻中的应用[J].轩福臣; 谢晶; 顾众.包装工程, 2020(13)
- [5]制冷技术的研究进展[J].赵福艳; 张丁川; 路贵香.化工管理, 2020(09)
- [6]基于 Modbus 协议的水厂泵房自动控制系统设计[J].骆东松; 石磊.仪表技术与传感器, 2016(11)
- [7]基于 Modbus 协议的 DeltaV 系统与西门子 PLC 系统的通讯[J].高巍.工业控制计算机, 2016(09)
- [8]基于 MODBUS-RTU 通讯协议的变频器 PLC 控制设计[J].王俊杰; 徐建文.工业控制计算机, 2016(02)