

中央空调及机电系统的运行管理与节能分析

褚如圣

杭州裕达自动化科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 随着现代化建筑规模的扩大,中央空调及机电系统的硬件优化与节能管理成为提升建筑能效的核心课题。本文聚焦机电硬件层面,从设备选型、运行参数优化、硬件升级及系统集成等角度,深入分析中央空调及机电系统的节能潜力。通过引入高效能机电设备磁悬浮离心风机、高频电磁水处理装置、优化硬件布局、结合智能控制硬件变频器、PID控制器及多学科协同设计,显著降低系统能耗,延长设备寿命,实现经济与环保效益的双重提升。本文为机电硬件优化与节能技术应用提供实践参考,推动行业可持续发展。

关键词: 中央空调;机电系统;硬件优化;节能技术;设备维护

引言

中央空调及机电系统作为现代建筑的核心能源消耗单元,其硬件设备的性能直接影响系统运行效率与能耗水平。当前,硬件老化、兼容性不足及能效低下等问题普遍存在,导致能源浪费与运维成本攀升。本文以机电硬件为核心,从设备升级、控制硬件集成、运行策略优化等维度,探讨如何通过硬件层面的技术革新与管理改进,实现系统的高效运行与节能降耗。

1 中央空调及机电系统运行管理现存问题与硬件关联分析

1.1 机电硬件老化与效率衰减

众多建筑中仍在服役的机电设备,诸如传统定频电机、低效冷却塔等,由于使用年限已久,技术层面相对滞后,机械损耗问题极为突出。就拿某酒店所采用的传统风机盘管机组来说,其电机效率仅为65%,远低于当前市场上高效电机85%以上的效率标准^[1]。并且,该机组的风量调节完全依赖机械阀门,这种调节方式不仅调节精度欠佳,在实际运行过程中还会导致能耗额外浪费20%以上。在长期的运行过程中,电机的轴承磨损严重,导致电机运行时的振动加剧,进一步降低电机的效率,同时也增加设备故障的风险。

1.2 硬件布局与能效关联性不足

设备布局的不合理会显著增大管道阻力,进而导致热损失大幅增加。在某大型工业厂房的实际案例中,冷却塔与主机之间的间距过大,长达数百米,这直接导致管路压降增加15%,水泵为克服这一阻力,能耗上升10%。此外,不合理的布局还使得系统的热传递效率大打折扣,严重影响制冷或制热效果。由于管道过长,在热量传输过程中,大量的热量散失在周围环境中,使得末端用户感受到的温度与设定温度存在较大偏差,为满足

用户需求,系统不得不加大运行功率,从而进一步增加能耗。

1.3 节能硬件技术应用滞后

目前,多数建筑仍然在沿用传统的继电器控制柜与定频驱动装置,严重缺乏变频器、磁悬浮轴承等高效硬件的有力支持^[2]。这就使得系统在面对实际负荷变化时,无法做出及时、有效的动态调整,根本无法实现动态负荷响应。以某商业综合体为例,其空调系统的水泵一直采用定频驱动,在不同的季节和不同的营业时间,负荷变化较大,但水泵始终以恒定的频率运行。经测算,该商业综合体因未配置变频水泵,每年能耗额外增加12万千瓦时,这无疑是一笔巨大的能源浪费。而且,传统设备在启动和停止时,电流冲击较大,对设备的寿命也产生不利影响。

与之形成鲜明对比的是,采用高效节能硬件能够带来显著的节能效果。以变频器为例,它可以根据负荷的实时变化动态调整电机的频率,从而实现节能运行。当系统负荷较低时,变频器降低电机频率,减少电机的输出功率,避免能源的无谓消耗。磁悬浮轴承则通过采用磁力悬浮技术,彻底消除机械摩擦,极大地提高设备的运行效率。在一些采用磁悬浮离心式冷水机组的项目中,机组的能耗相较于传统机组降低20%-30%,同时设备的运行稳定性和可靠性也得到大幅提升。这些高效节能硬件的广泛应用,无疑是提升系统能效水平的关键所在。

2 机电硬件优化策略与节能技术实现路径

2.1 高效能硬件设备升级

磁悬浮离心风机采用先进的无机械摩擦的磁悬浮电机驱动叶轮技术。其工作原理是利用磁力将电机转子悬浮起来,彻底消除传统机械轴承的摩擦损耗^[3]。与传统风机相比,磁悬浮离心风机的机械损耗降低90%,能效比

(EER) 从传统设备的 3.0 大幅提升至 4.2。在某写字楼的节能改造项目中, 将原有的传统离心风机更换为磁悬浮离心风机后, 经过一年的运行监测, 风机年耗电量由原来的 8 万千瓦时降至 4.5 万千瓦时, 节能率高达 43%。同时, 由于减少机械摩擦, 设备的维护周期也大幅延长, 维护成本降低约 50%, 仅每年的维护费用就节省数万元。

高频电磁水处理装置主要通过高频电磁场的作用来抑制水垢的生成^[4]。其工作机制是当水通过高频电磁场时, 水中的钙、镁等离子物理性质发生改变, 使其难以结合形成水垢。在某医院的中央空调系统中安装高频电磁水处理装置后, 经过一段时间的运行检测, 冷凝器的污垢系数由原来的 0.05 降至 0.02。污垢系数的降低意味着冷凝器的热交换效率大幅提升, 制冷效率相应提高 18%。这不仅使得医院的空调制冷效果得到显著改善, 还减少能源消耗, 每年可为医院节省电费支出数万元。

采用 ABB ACS880 系列变频器控制水泵与风机, 能够依据负荷的动态变化实时调整电机频率。该系列变频器具备先进的矢量控制技术, 能够精确地控制电机的转速和转矩。在某商场的节能改造项目中, 冷冻水泵原本以 50Hz 的恒定频率运行, 改造后采用 ABB ACS880 变频器进行控制。根据商场不同时间段的负荷变化, 冷冻水泵的运行频率可在 20Hz - 50Hz 之间灵活调整。经过一年的运行统计, 冷冻水泵的运行频率平均由 50Hz 降至 35Hz, 年节电率达 25%。通过变频驱动硬件的集成, 商场的空调系统能够更加精准地匹配负荷需求, 实现高效节能运行。

2.2 硬件布局与系统集成优化

将设备布局在热负荷中心附近是一种有效的节能策略^[5]。通过缩短冷冻水管路长度, 能够显著减少沿程阻力损失。在某新建写字楼项目中, 设计人员在规划设备布局时, 充分考虑热负荷中心的位置, 将冷水机组、水泵等设备尽量靠近热负荷较大的区域。通过优化布局, 冷冻水管路长度由最初设计的 150 米缩短至 80 米, 经实际测试, 沿程阻力损失减少 30%。这不仅降低水泵的能耗, 使得水泵的运行功率降低约 15%, 还提高系统的供热或制冷效率, 使得室内温度的均匀性和稳定性得到更好的保障。

为解决不同品牌硬件接口协议不兼容的问题, 可通过加装协议转换模块, 如 M - Bus 转 BACnet 网关, 实现不同品牌设备的无缝集成。在某大型商业综合体的智能化改造项目中, 该综合体原有的设备品牌众多, 通信协议各异。通过加装协议转换模块, 成功实现不同品牌设

备之间的通信和协同工作。这一改造不仅降低维护成本 20%, 因为减少因通信故障导致的设备维修次数, 还提高系统的稳定性和可靠性。在改造后的运行过程中, 系统的故障率明显降低, 运行效率得到显著提升, 为商业综合体的高效运营提供有力保障。

2.3 智能控制硬件与协同设计

采用西门子 S7 - 1200 PLC 硬件平台, 集成温度、压力传感器, 构建起一套智能控制体系。温度传感器实时采集室内温度数据, 压力传感器监测管道内的压力变化, 这些数据被实时传输至西门子 S7 - 1200 PLC。PLC 根据预设的控制策略, 通过 PID 算法实时调节阀门开度与压缩机转速。在某酒店的空调系统改造中应用这一技术, 改造前室内温度波动范围较大, 在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 左右, 顾客的舒适度较低。改造后, 通过 PID 控制器与传感器的联动控制, 室内温度波动范围成功缩窄至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 极大地提高顾客的舒适度。同时, 由于系统能够更加精准地控制设备的运行状态, 避免设备的过度运行, 实现节能运行, 酒店的空调能耗降低约 15%。

在设备选型阶段, 充分考虑机械结构强度、电气系统稳定性与控制硬件响应速度等多方面因素, 进行多学科硬件协同设计。以风机选型为例, 在选择风机叶轮材质时, 综合考虑机械结构强度, 选用高强度、轻量化的铝合金材质, 既能保证叶轮在高速旋转时的结构稳定性, 又能降低风机的能耗。在设计电气系统时, 合理选择电缆截面积, 确保电气系统的稳定性, 减少线路损耗。对于变频器等控制硬件, 优化其阶跃时间, 提高控制硬件的响应速度。通过这种多学科协同设计方式, 在某大型工业项目中实现系统综合能效提升 15%, 为工业企业的节能降耗做出积极贡献。

3 基于硬件优化的系统运行管理方案

3.1 设备选型与参数匹配

选择能效比 (EER) ≥ 3.8 的冷水机组, 并紧密结合建筑冷负荷曲线定制设备容量。在某办公大楼的建设项目中, 设计团队通过对大楼的功能布局、人员密度、设备散热等因素进行详细的分析和计算, 绘制出精确的建筑冷负荷曲线。根据该曲线, 选用约克 YZ 变频离心机组。该机组在部分负荷工况下的能效比 (IPLV) 高达 6.5, 相较于传统定频机组节能 35%。在实际运行过程中, 该冷水机组能够根据负荷的变化自动调整运行状态, 始终保持较高的能效水平, 为办公大楼节省大量的电费支出。

根据建筑的实际需求, 对设备的参数进行精确匹配至关重要。对于一栋高层写字楼, 需要根据其高度、面积、朝向等因素, 精准调整风机的风量、风压。对于朝

向阳光充足的一面,由于太阳辐射热较大,需要适当增加风机的风量,以满足室内的通风和散热需求。同时,通过对建筑内部不同区域的功能划分,如办公区、会议室、走廊等,分别设置不同的风机参数,确保每个区域都能得到适宜的通风量,在满足建筑通风和空调需求的同时,避免能源浪费。

3.2 硬件维护与寿命管理

每季度对电机绕组绝缘电阻、轴承振动值等关键参数进行严格检测。电机绕组绝缘电阻标准要求 $\geq 1\text{M}\Omega$,若低于此标准,可能会导致电机短路等故障;轴承振动值要求 $\leq 2.8\text{mm/s}$,超过这个范围则表明轴承可能存在磨损或故障隐患。在某工厂的机电设备维护中,通过定期检测,及时发现一台电机的绕组绝缘电阻下降至 $0.8\text{M}\Omega$,及时进行维修处理,避免因电机故障导致的生产线停机事故,减少经济损失。通过定期检测,能够提前发现潜在的硬件故障,采取相应的维修措施,有效避免因硬件故障导致的停机,降低维护成本。

采用 Mobil SHC 600 系列合成润滑油,能够显著延长压缩机轴承寿命。与传统油品相比,该合成润滑油具有更好的润滑性能和抗氧化性能,可将压缩机轴承寿命延长至 8 万小时,而传统油品仅能维持 5 万小时。同时,定期更换过滤器也是保证系统清洁度和设备正常运行的关键。在某数据中心的空调系统维护中,严格按照规定的时间间隔更换过滤器,确保系统内的空气和冷媒的清洁度,提高设备的运行效率,延长设备的使用寿命。通过定期更换润滑油和过滤器,数据中心的空调系统故障率明显降低,运行稳定性得到极大提升。

3.3 能效监测硬件部署

安装霍尼韦尔 Tridium Niagara 能效监测平台,实时采集电流、电压、温度等数据,并生成直观的能耗热力图。该平台具备强大的数据采集和分析功能,能够对系统的能耗情况进行全面、实时的监测。在某大型商场的能效管理项目中,通过该平台的监测,发现冷却塔风机的电流异常升高。经过进一步检查,确定是风机轴承损坏导致阻力增大,从而引起电流上升。及时更换损坏的轴承后,避免年能耗损失 2 万千瓦时。通过能效监测硬件的部署,能够及时发现系统中的能耗异常点,快速采取相应的优化措施,实现系统的节能运行。

4 硬件优化后节能效果量化分析

4.1 能耗数据对比(某商业建筑案例)

指标	优化前	优化后	节能率
年耗电量(万 kWh)	120	90	25%
冷冻水泵频率(Hz)	50	40	20%
冷却塔风机噪声(dB)	75	65	13%

从上述数据可以清晰地看出,硬件优化后,该商业建筑的年耗电量显著降低,减少 30 万 kWh。冷冻水泵频率从 50Hz 降至 40Hz,节能效果明显。冷却塔风机噪声也得到有效控制,从 75dB 降至 65dB,不仅降低能源消耗,还改善周边环境的声学质量。

4.2 经济效益与环境效益

按照电费 0.6 元/kWh 计算,该商业建筑年节省电费 18 万元。同时,由于硬件优化后设备的故障率降低,维护次数减少,设备维护成本降低 8 万元。硬件优化不仅实现节能目标,还为企业带来显著的经济效益,提升企业的竞争力。年减碳 200 吨,这一数据相当于种植 3000 棵乔木的固碳量。硬件优化后的中央空调及机电系统,有效减少碳排放,对环境的友好度大大提高,为缓解全球气候变化做出积极贡献,有助于实现建筑行业的可持续发展目标。

结语

本文通过机电硬件优化与精细化管理的实践分析,证明硬件层面的技术革新是提升中央空调系统能效的关键。未来需进一步推广磁悬浮、变频驱动等先进硬件技术,并探索硬件与物联网边缘计算设备的深度融合,实现更精准的能耗控制,为建筑领域的可持续发展提供技术支持。

参考文献

- [1]项亮.中央空调及机电系统的运行管理与节能分析[J].中国设备工程,2025,(02):61-63.
- [2]胡辉.医院中央空调系统运行管理的综合节能分析[J].建筑与预算,2021,(10):62-64.
- [4]谢方静,余荣学,谭祥诗,等.某大厦中央空调制冷站节能改造措施分析[J].节能,2023,42(11):44-46.
- [5]马忠娇.基于能耗监测的空调系统节能改造相似工况节能量计算方法[D].大连理工大学,2021.