

# 中央空调制冷系统节能改造几个案例分析

陈 昉

北京恒普安数码科技有限公司 北京 100176

**摘要：**中央空调制冷系统是大型建筑物中能耗最大的系统之一。随着能源价格的上涨和环保要求的提高，中央空调制冷系统的节能改造变得尤为重要。本文通过分析多个实际案例，探讨中央空调制冷系统节能改造的方法和效果，旨在为相关领域的节能改造提供参考。

**关键词：**中央空调；制冷系统；节能改造；案例分析；方法总结

## 引言

中央空调制冷系统在现代建筑中扮演着重要角色，但其能耗也占据了建筑物总能耗的较大比例。据统计，中央空调的能耗约占建筑物总能耗的50%以上。因此，对中央空调制冷系统进行节能改造，不仅可以降低建筑物的运行成本，还能减少能源消耗和环境污染。

## 1 中央空调制冷系统节能改造案例分析

### 1.1 案例一：苏州工业园区某科技公司

位于苏州工业园区的某科技公司，鉴于其中央空调系统在运营成本中的显著比重，于2015年决定实施一项全面的节能改造计划。此次改造不仅着眼于即时的能耗降低，更长远地考虑了系统的可持续性和智能化管理，力求通过技术革新实现能效的最大化。

#### 1.1.1 改造措施

##### (1) 集中控制系统整合

改造的核心在于构建了一个集成的制冷机房节能控制平台。该平台集成了先进的自动化控制技术与物联网通讯能力，实现了对冷水机组、冷却塔、水泵等关键设备的实时监控与智能调度。通过精确的数据采集与分析，系统能够根据负荷及天气情况自动调整设备运行参数，以适应实际负荷需求，避免了传统人为控制的滞后与浪费。

##### (2) 节能控制策略优化

在控制平台的基础上，实施了精细化的节能控制策略。例如，根据室内外温差、湿度及室内空气状况等动态因素，自动调节空调系统的工作模式，如采用夜间低温预冷、室外新风调节等策略，有效降低了能源消耗。

##### (3) 风机盘管智能化升级

针对新建及既有建筑的风机盘管系统，引入了智能温控器。这些控制器不仅能够根据室内环境自动调节送风量与温度，还支持远程集中控制，便于管理人员根据实际需求进行统一调度，进一步提升了系统的灵活性与

节能效率。

#### 1.1.2 成效分析

改造后，该公司的中央空调系统实现了显著的节能效果。据统计，每年节省电量约50万千瓦时（kWh），直接转化为年度电费节省约40万元人民币。考虑到整个节能改造项目的总投入约为60万元，其投资回报周期惊人地缩短至仅1.5年，展现了较高的经济效益。

### 1.2 案例二：大型商场空调系统节能改造

北京市某大型商场，作为城市商业活动的中心，其空调系统能耗长期占据运营成本的重要部分。为了响应国家节能减排号召，提升能源使用效率，商场管理层决定引入智慧能源管理控制平台，对空调冷热源机房及末端系统进行全面智能化节能升级改造。

#### 1.2.1 改造措施

##### (1) 末端系统智能控制

对商场内的空调末端设备，如风机盘管、空气处理单元等，进行了智能化升级。通过对末端控制系统进行升级，实现了末端设备的自动调节与远程控制，确保每个区域都能根据实际需求获得适量的冷热量及新风量，避免了过度供冷或供热造成的能源浪费。

##### (2) 冷水机房系统智能监控系统升级

首先，在系统的关键节点增加了温度、压力传感器等监测设备，这些设备能够实时采集并传输系统运行数据至智慧能源管理平台。通过这些数据，平台能够精确分析系统运行状态，为后续的自动化控制提供数据支持。

##### (4) 冷水机组变频改造

针对冷水机组这一能耗大户，实施了变频改造。通过安装变频器，使冷水机组能够根据实际负荷需求自动调节工作频率，减少了定频机组的能源浪费<sup>[1]</sup>。在部分负荷或低负荷时段，冷水机组以低频运行，显著降低了能耗。

### 1.2.2 改造效果

改造完成后，商场空调系统实现了自动运行，无需人工干预即可根据室内外环境变化自动调节系统状态，这不仅提高了管理效率，还显著降低了系统能耗。据统计，改造后商场空调系统的能耗较改造前降低了约30%，节能效果显著。同时，由于系统自动化程度的提高，还降低了维护成本，延长了设备使用寿命。

### 1.3 案例三：某酒店中央空调系统节能改造

某知名酒店，为了响应节能减排的号召并降低运营成本，决定对其中央空调系统进行全面的变频节能及自动化改造。改造的重点集中在集中控制系统，冷冻水泵、冷却水泵以及冷却塔这三个关键组件上，通过引入先进的变频调速技术和自动化控制系统，实现了系统能效的显著提升。

#### 1.3.1 改造措施

##### (1) 自动化控制系统的构建

结合集中控制系统整合、结合供回水温度、室外温湿度、末端压差控制，构建了一个有效的自动控制系统。该系统能够实时监测冷冻水和冷却水的进出口温度，以及系统负荷状态，通过精确计算后自动调整水泵的工作频率，确保系统始终在最优状态下运行。

##### (2) 水泵变频控制

针对冷冻水泵和冷却水泵，改造中安装了变频器。控制系统根据系统实际负荷和温差变化，自动调节水泵的转速和输出流量，避免了传统定速运行下的能源浪费。特别是在低负荷时段，水泵以低速运行，显著降低了能耗。

##### (3) 冷却塔的智能化控制

对冷却塔也进行了智能化改造，实现了冷却塔风扇的变频运行<sup>[2]</sup>。系统能够根据冷却水的温度和环境温度自动调节风扇转速，既保证了冷却效果，又降低了能耗。

### 1.3.2 改造效果

改造完成后，酒店中央空调系统的能效得到了显著提升。根据实际运行数据，系统的节电率与负荷状态、天气温度变化等因素密切相关，但在大多数情况下，平均节能率达到了20%~30%以上。这不仅大幅降低了酒店的运营成本，还显著提升了系统的稳定性和可靠性。从经济效益来看，改造后投入运行仅一年时间，就成功收回了全部改造成本，实现了快速的投资回报。

## 2 中央空调制冷系统节能改造方法总结

中央空调系统是一个多设备、综合性的系统，特别是对于容量大、多设备的系统来说，需要对多个设备协同调节来进行节能工作。各设备是相对独立的，也是系

统性的，因此需要集中控制+有效的控制策略+高效设备的方式来进行节能。

### 2.1 采用有效的节能控制系统

自动控制系统相当于中央空调系统的大脑，可以实时监控温度、压力、压差、流量等各种参数，同时根据参数进行实时地进行设备台数、容量、频率等调节，实现在不同时间、不同需求、不同地室外空气状态下达到需求，同时尽量减少能耗。

对于自动控制系统，所谓有效指的是需要根据系统情况来设计控制系统，对于小系统，制冷机组台数少，台数调节需求不重要；由于中央空调运行的时间跨度比较大，负荷变化较大，冷却塔风机、水泵的变频调节就很有必要；对于风机盘管系统，易造成水力失衡，可以分成多个区域进行流量调节，才能有效地进行变流量调节；但对空气处理机组及新风系统来说，水系统通常采用电动调节阀就能满足变流量应用。

### 2.2 有效的控制策略

控制系统并不能直接带来节能效益，如果不能很好地利用，有可能只带来一个远程控制方式，有效的控制策略才能更好的节能。

#### 2.2.1 水泵和风机的节能改造

在中央空调系统的节能改造中，水泵和风机的节能潜力不容忽视。在很多的节能工程中，主要节能量都来自风机和水泵。通过采用变频调速优化水泵、风机，可以显著降低这两类设备的能耗。

变频调速技术通过调节水泵和风机的转速，其核心是根据实际负荷需求按需运行。对于冷冻水泵，通常是按照末端压差或冷冻机房总管压差进行变频调节，如案例三；末端压差会更为准确，通常控制在1.0Bar左右；但这种控制方式在末端设备有良好的控制情况下会更有效，如新风机组水系统的调节量电动阀控制；但对于风机盘管系统，效果较差，风机盘管地水系统采用分区控制，温控器采用集中控制会更好（如案例一）。

冷却塔的风机变频控制，在控制中增加室外湿球温度对水温的调节会更有效；如室外湿球温度较低时适当降低下塔温度，可以有效降低制冷机组的能耗。

变频控制系统如果变频控制调节合理，末端通过实时调节实现更好的舒适度，在节能的同时还会减少故障、维修和投诉。

#### 2.2.2 冷水机房的整体策略

冷水机房设备作为一个整体，是需要整体考虑系统的效率和节能措施的，某个设备的运行参数地改变通常会

能效果。因此,要在对水泵降频、冷却塔降低下塔温度时,整体考虑系统的能耗。文献<sup>[3]</sup>中采用优化算法及进行寻优,在制冷机组不同负荷下寻找冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔的最佳频率。

对于每一个不同的机房,在水泵风机变频基础上,有一些具体的措施需要本地工程师不断去摸索,比直接采用外来的节能技术有更好的效果。

### 2.2.3 合理的温湿度设置

合理设置温度和湿度是降低中央空调能耗的一个手段。在实际操作中,应根据季节变化、室内外温差以及人员活动情况等因素,灵活调整温度和湿度的设定值。例如,在夏季高温时段,可以适当提高室内温度设定值,减少制冷能耗;为了除湿,可以降低冷冻水出水温度;在过度季,湿度较低,可以增加引入新风,提高冷冻水出水温度,降低制冷机组能耗;在冬季,则可以通过合理调节湿度,减少加湿或除湿过程中的能耗。此外,利用智能控制系统,可以实现温度和湿度的自动调节,使系统始终保持在最节能的状态下运行。

### 2.3 加强维护保养

在中央空调系统的节能管理中,这一项通常都不被重视,但这一项确是最容易实现的一种方式。强化维护保养不仅能够确保系统的稳定运行,还能有效降低能耗,提升整体能效。定期对中央空调系统进行维护保养是保障其高效运行的基础。这包括清洗空调滤网、检查并更换老化的密封件、清理冷凝水管道、检查制冷剂的充注量等。滤网的积尘会影响空气流通,增加风机负担,定期清洗能显著降低能耗。同时,检查并维护系统的电气连接,确保无松动或短路现象,也是保障系统安全运行的重要一环。通过细致的维护保养,可以及时发现并解决潜在问题,避免故障导致的能耗增加和设备损坏。这些措施的实施,不仅有助于节约能源,还能延长设备的使用寿命,降低整体运营成本。

### 2.4 选用高效节能型制冷机组

对于运行时间比较长,制冷机组有过故障的情况,在中央空调系统的节能改造进程中,选用或升级制冷机组是比较好的方式。

新一代的制冷机组,通常效率会更好,能够更稳定运行且具有更好的调节性能。新的制冷机组通常配备了

智能控制系统,能够更好地实时监测机组运行参数,如温度、压力、流量等,并根据这些参数自动调节机组的工作状态。通过精确控制机组的启动、停止、加载、卸载等过程,实现了对能耗的精细化管理,进一步降低了系统能耗。机组通常具有更长的使用寿命和更低的维护成本,进一步降低了整体运营成本。

### 2.5 优化水系统和风系统阻力

优化水系统和风系统也是降低能耗的一种方法,水泵、风机主要作用是输送冷量,需要克服管道、管件和设备的传输阻力,其并不产生冷,还会消耗冷。通过合理布置管道、减少弯头和阀门等阻力元件,可以降低管道阻力,从而减少水泵的能耗。同时,优化水流速度,避免过高的流速导致能耗增加。在风系统中,通过优化风道设计、减少风阻,以及合理调节风口开度,可以降低风速,减少风机的能耗<sup>[4]</sup>。

但对于改造项目,通常改动管路相对较难;但在运行当中,减少不必要的阀门,采用变频调节流量,尽量减少使用阀门阻力。原有系统中通常设计有平衡阀、手动阀等,根据使用情况尽可能保持开启。

### 结语

中央空调制冷系统的节能改造是一个系统工程,需从多个方面入手。通过选用高效节能型制冷机组、优化运行控制、采用变频调速技术、加强维护保养和合理设置温度和湿度等措施,可以显著降低中央空调系统的能耗。实际案例表明,这些节能改造措施不仅具有良好的节能效果,还能带来显著的经济效益和环境效益。因此,对中央空调制冷系统进行节能改造具有重要的现实意义和推广价值。

### 参考文献

- [1]刘丙刚,贾丕建,王博,等.中央空调制冷系统节能改造[J].能源研究与利用,2020,(06):46-48+51.
- [2]蔡锦乾,班艳玲.酒店中央空调系统节能改造案例分析[J].建筑科技,2024,8(09):39-41.
- [3]刘乃玲,管乐宝,卞姗姗,等.某酒店制冷机房运行策略优化[J].暖通空调,2024,54(4):36-41+86.
- [4]程勇,谌小栋,李玮,等.医院中央空调冷冻站能效提升策略和方法[J].中国医院建筑与装备.2024,25(06):64-71.