

# 中央空调系统中机电设备节能运行技术分析

褚如圣

杭州裕达自动化科技有限公司 浙江杭州 310000

**【摘要】**在全球能源需求持续攀升以及节能减排理念日益深入人心的大背景下,中央空调系统作为现代建筑能耗的关键部分,其机电设备的节能运行研究迫在眉睫。本文深入剖析中央空调系统的机电设备,全面梳理并探讨各类节能技术,旨在深度挖掘节能潜力,为建筑领域大幅降低能耗、显著提高能源利用效率提供强有力的理论与实践支撑。

**【关键词】**中央空调系统;机电设备;节能运行技术;机电硬件

Analysis of the energy-saving operation technology of mechanical and electrical equipment in the central air-conditioning system

Chu Rusheng

Hangzhou Yuda Automation Technology Co., LTD., Zhejiang Hangzhou 310000

**【Abstract】**In the context of the continuous rising global energy demand and the growing concept of energy saving and emission reduction, the central air conditioning system, as a key part of modern building energy consumption, the energy-saving operation research of its mechanical and electrical equipment is imminent. This paper deeply analyzes the mechanical and electrical equipment of the central air conditioning system, comprehensively combs and discusses all kinds of energy saving technologies, aiming to deeply explore the energy saving potential, and provide strong theoretical and practical support for the construction field to reduce energy consumption significantly and significantly improve the energy utilization efficiency.

**【Key words】**central air conditioning system; mechanical and electrical equipment; energy-saving operation technology; mechanical and electrical hardware

## 引言

在当下快速发展的城市化进程中,高楼大厦如雨后春笋般拔地而起。从高耸入云的商业写字楼,到温馨舒适的住宅小区,再到功能齐全的公共建筑,中央空调系统已成为保障室内舒适环境不可或缺的关键设施,其应用范围也在不断扩大。然而,中央空调系统的机电设备能耗问题却日益凸显,在建筑总能耗中占据相当高的比例。传统的中央空调机电设备运行模式,存在诸多不合理之处,能源浪费现象较为严重。这不仅极大地增加了用户的使用成本,加重了经济负担,也给日益紧张的能源供应带来了巨大压力。因此,深入研究中央空调系统中机电设备的节能运行技术,对缓解全球能源紧张局势、推动建筑行业朝着绿色可持续方向发展具有极为重要的现实意义。通过采用节能技术,能够有效降低能耗,提升能源利用效率,减少对环境的负面影响,助力实现碳达峰、碳中和目标,为人类创造更加美好的生态环境。

## 一、中央空调系统机电设备构成与运行原理

### (一) 设备构成

制冷机组:制冷机组无疑是整个中央空调系统的核心设

备,其性能优劣直接影响着系统的制冷效果与能耗水平。目前,市场上常见的制冷机组主要有螺杆式和离心式两种。螺杆式制冷机组以其结构紧凑、占地面积小、运行平稳且噪音低等优点,在中、小型中央空调系统中备受青睐。例如,在一些中小型商业店铺、公寓楼等场所,螺杆式制冷机组能够高效稳定地运行,满足室内制冷需求。而离心式制冷机组则凭借其制冷量大、效率高的突出优势,广泛应用于大型商业建筑,如大型购物中心、会展中心等。在大型商场中,由于空间广阔、人员众多,制冷需求巨大,离心式制冷机组能够充分发挥其强大的制冷能力,确保整个商场始终保持舒适的温度环境。

水泵:水泵在中央空调系统的水循环中起着关键的驱动作用,主要包括冷冻水泵和冷却水泵。冷冻水泵的职责是将制冷机组蒸发器中冷却后的低温冷冻水,通过管道输送至各个末端设备,如风机盘管、空调箱等,从而实现室内空气的降温。冷却水泵则负责将制冷机组冷凝器中吸收的热量,通过冷却水带出,并排放到大气中<sup>[1]</sup>。在实际应用中,不同流量和扬程的水泵需要根据中央空调系统的规模大小、建筑布局以及实际制冷需求等因素进行合理配置。例如,对于大型商业综合体,由于其建筑面积大、楼层多,水系统的阻力较大,就需要选用流量大、扬程高的水泵,以保证冷冻水和冷

却水能够在系统中正常循环。

## (二) 运行原理

制冷循环原理：目前，蒸汽压缩式制冷是中央空调系统中最为常见的制冷方式。以这一方式为例，整个制冷循环过程犹如一场精密的能量转换“舞蹈”。首先，液态制冷剂进入蒸发器，在蒸发器中，制冷剂吸收冷冻水的热量，自身由液态迅速转变为气态，从而实现冷冻水的降温。这一过程就像是制冷剂从冷冻水中“偷走”热量，使冷冻水温度降低，为室内制冷提供冷源。随后，气态制冷剂被压缩机吸入并进行压缩，在这个过程中，压缩机对制冷剂做功，使其压力和温度急剧升高。就像给制冷剂“打气”一样，让它的能量增强。接着，高温高压的气态制冷剂进入冷凝器，在冷凝器中，制冷剂向冷却水放出热量，自身重新由气态变为液态。这一步是将制冷剂在蒸发器中吸收的热量传递给冷却水，实现热量的转移。最后，液态制冷剂再经过节流装置降压，重新进入蒸发器，开始下一个制冷循环。如此周而复始，不断实现热量的转移和室内温度的调节。

水系统循环原理：在中央空调系统中，水系统循环犹如人体的血液循环，为整个系统的正常运行提供动力支持。冷冻水在冷冻水泵的强劲驱动下，沿着管道在空调末端设备与制冷机组蒸发器之间循环流动，实现热量的交换。当冷冻水经过末端设备时，将自身携带的冷量传递给室内空气，使室内温度降低；而吸收了热量的冷冻水回到制冷机组蒸发器后，又被制冷剂冷却，重新获得冷量，继续下一轮循环。与此同时，冷却水在冷却水泵的作用下，在制冷机组冷凝器与冷却塔之间循环。在冷凝器中，冷却水吸收制冷剂放出的热量，温度升高；然后，高温的冷却水被输送至冷却塔，在冷却塔中，通过与空气的热交换，将热量散发到大气中，冷却水温度降低后，再回到制冷机组冷凝器，继续承担热量转移的任务。

## 二、中央空调系统机电设备能耗现状与问题分析

### (一) 能耗现状

不同类型建筑能耗差异：不同类型的建筑，由于其使用功能、人员活动规律以及运行时间等因素的不同，中央空调机电设备的能耗也存在显著差异。商业建筑通常营业时间较长，从早到晚，甚至部分商场会 24 小时营业。同时，商业建筑内人员密集，各种照明、电器设备众多，产生的热量较大，对空调制冷需求持续且强烈。因此，商业建筑的中央空调机电设备能耗较高。与之相比，住宅建筑虽然户数较多，但使用时间相对分散，白天大部分家庭无人居住，空调使用时间相对较短，且负荷相对较小。据权威统计数据 displays，大型商场的中央空调能耗比普通住宅高出 3 - 5 倍。

### (二) 存在问题

设备匹配不合理：在部分中央空调系统的设计阶段，由于设计人员对建筑的实际使用需求调研不够充分，或者对未来使用情况预估不足，导致设备选型过大。这就好比给一个小个子穿了一件大尺码的衣服，设备无法发挥最佳性能。当设备长期在低负荷状态下运行时，其效率会大幅降低，能耗却显著增加。例如，一些办公楼在周末或节假日，人员稀少，室内负荷大幅降低，但由于设备选型过大，仍然按照满负荷运行，不仅浪费了大量能源，还增加了设备的磨损和维护成本。

控制策略落后：传统的中央空调系统大多采用定流量控制方式，这种控制方式缺乏灵活性，不能根据室内负荷的实时变化来调整设备的运行参数。就像一辆汽车始终以固定速度行驶，不管路况如何变化<sup>[1]</sup>。当室内温度降低后，按照实际需求，水泵和制冷机组应该相应减少能耗，但由于控制策略落后，它们仍保持原有的运行状态，继续消耗大量能源，造成了能源的极大浪费。此外，传统控制方式还存在响应速度慢、控制精度低等问题，无法满足现代建筑对舒适性和节能性的要求。

## 三、中央空调系统机电设备节能运行技术措施

### (一) 设备优化技术

高效设备选型：选用高效节能的制冷机组是降低中央空调系统能耗的关键一步。如今，随着科技的不断进步，新型高效制冷机组不断涌现，其能效比（EER）比普通机组高出 10% - 20%<sup>[2]</sup>。例如，磁悬浮离心式制冷机组凭借其独特的技术优势，在市场上备受关注。这种制冷机组采用磁悬浮轴承技术，使压缩机在运行过程中无机械摩擦，大大降低了能量损耗，提高了运行效率。同时，其还具备高效的热交换器和先进的控制系统，能够根据实际负荷需求精准调节制冷量，进一步降低能耗。除了制冷机组，选择高效节能水泵也至关重要。变频水泵就是一种理想的选择，它可以根据实际流量需求自动调节转速。当系统流量需求降低时，变频水泵能够自动降低转速，减少能耗。据实际应用案例表明，采用变频水泵后，水泵能耗可降低 30% - 50%。

设备维护与保养：定期对制冷机组进行全面的清洗、检修，是保持其高效运行的重要措施。冷凝器和蒸发器作为制冷机组的关键热交换部件，在长期运行过程中，表面容易结垢。冷凝器结垢会使传热系数下降，导致制冷剂在冷凝器中散热困难，制冷机组需要消耗更多的能量来维持制冷循环，从而使能耗增加。定期清洗冷凝器和蒸发器，能够去除表面的污垢，恢复其良好的换热性能，可使能耗降低 5% - 10%。此外，对水泵进行定期维护，检查叶轮是否磨损、密封件是否老化等，确保叶轮、密封件等部件正常运行，也能有效减少能耗。例如，叶轮磨损会导致水泵的流量和扬程下降，为

了满足系统需求,水泵需要消耗更多的电能,而及时更换磨损的叶轮,就能避免这种能耗增加的情况。

### (二) 智能控制技术

**变频调速控制:**变频调速控制技术是实现中央空调系统节能运行的重要手段之一。通过安装变频器,能够对制冷机组压缩机、水泵和风机的转速进行精准调节。根据室内负荷的实时变化,变频器可以自动调整设备的转速,从而实现设备输出功率的实时调整。当室内负荷降低时,如在夜间或人员稀少的时段,降低设备转速,减少能耗。例如,在夜间,办公楼内人员基本下班,室内负荷大幅降低,此时水泵转速可降低 30% - 50%,节能效果十分显著。同时,变频调速控制还能够减少设备的启动电流冲击,延长设备使用寿命,降低设备维护成本。

**群控技术:**群控技术是一种先进的集中控制方式,它能够对多台制冷机组和水泵进行统一管理和协调控制。根据实际负荷需求,群控系统可以合理分配设备的运行台数和负荷,实现系统整体的节能优化<sup>[4]</sup>。例如,在部分负荷工况下,群控系统可以通过数据分析和智能算法,优先启动高效机组,关闭低效机组,使整个系统始终保持在最佳运行状态。同时,群控系统还能够根据不同时间段的负荷变化,提前调整设备的运行参数,实现更加精准的节能控制。通过采用群控技术,中央空调系统的运行效率可提高 15% - 25%,节能效果显著。

## 四、节能运行技术应用案例与效果评估

### (一) 某商业综合体应用实例

某大型商业综合体,建筑面积达数十万平方米,拥有众多店铺、餐厅、电影院等商业业态。在过去,该商业综合体的中央空调系统能耗巨大,运营成本高昂。为了降低能耗,提高能源利用效率,该商业综合体采用了上述节能运行技术。首先,选用了高效磁悬浮离心式制冷机组,替代了原有的普通制冷机组。这种新型制冷机组不仅制冷效率高,而且能耗低。同时,安装了变频水泵,根据系统流量需求自动调节水泵转速。此外,还引入了智能控制系统,实现了设备的

变频调速和群控功能。通过对制冷机组、水泵等设备的全面升级和优化,构建了一套高效节能的中央空调系统。

### (二) 应用效果评估

**节能效果:**经过节能改造后,该商业综合体的中央空调系统能耗得到了显著降低。数据显示,改造后系统能耗降低了 25%,每年节省电费约 50 万元。其中,制冷机组能耗降低 20%,这得益于高效磁悬浮离心式制冷机组的应用,其先进的技术和高效的运行性能,有效减少了能源消耗。水泵能耗降低 35%,主要归功于变频水泵的使用,根据实际流量需求自动调节转速,避免了不必要的能耗浪费。

**经济效益:**虽然在前期节能改造过程中,投入了一定的资金用于设备采购、安装和系统调试等,但从长期来看,经济效益十分显著。通过节能带来的电费节省,在 3 - 5 年内即可收回成本。此后,每年节省的电费都直接转化为企业的利润。同时,由于设备运行稳定性的提升,减少了设备的维修次数,降低了维护成本。例如,以前制冷机组每年需要进行多次维修,维修费用较高,而采用新设备和智能控制系统后,设备运行更加稳定,维修次数大幅减少,每年可节省维修费用数万元。

## 结语

综上所述,中央空调系统机电设备节能运行技术在降低建筑能耗、提高能源利用效率方面发挥着举足轻重的作用。通过采用设备优化技术,如选用高效设备、加强设备维护保养,以及智能控制技术,如变频调速控制和群控技术等措施,能够有效地挖掘节能潜力,实现显著的节能效果和经济效益。然而,随着建筑行业的不断发展,人们对室内环境舒适度的要求越来越高,同时,新型建筑材料、建筑结构不断涌现,这都给中央空调系统机电设备的节能运行带来了新的挑战。未来,需要持续关注行业动态,加大科研投入,加强技术研发创新,不断探索和应用新的节能技术和方法,为建筑行业的绿色可持续发展提供更加坚实有力的技术支持,推动能源的高效利用与可持续发展,为人类创造更加美好的生活和工作环境。

## 参考文献

- [1]陈昊. 基于CUSUM的空调系统运行数据质量分析与机电设备运行状态诊断研究[D]. 湖北: 华中科技大学, 2022.
- [2]康智桓. 基于群智能的某机场航站楼中央空调冷冻水系统节能优化研究[D]. 陕西: 西安建筑科技大学, 2023.
- [3]李慧娟, 谭祥诗, 王黎. 磁悬浮技术在某公共机构中央空调系统技术改造中的应用及节能效果分析[J]. 机电工程技术, 2022, 51(12): 269-273. DOI: 10.3969/j.issn.1009-9492.2022.12.061.
- [4]李新, 史庆国, 任盘小, 等. 基于中央空调制冷控制系统的节能开发应用[J]. 现代电子技术, 2020, 43(5): 97-100. DOI: 10.16652/j.issn.1004-373x.2020.05.022.