

## 空调系统节能运行自动控制的应用研究

王明章 郭重阳 王 锋 王婵君

华商国际工程有限公司, 北京 100069

**[摘要]**随着全球能源供应日益紧张以及环保要求持续提高,空调系统作为现代建筑里能源消耗极为集中的设备之一,其节能运行方面的问题逐渐得到越来越多的关注。尤其是在像大型公共建筑、工业厂房、商业综合体还有高端住宅这类高负荷用能的场景当中,空调系统的运行效率会直接影响到整体的能源成本以及环境排放状况。文章针对空调系统节能运行里的自动控制技术展开较为系统的探究,起初从自动控制系统的基本原理着手,接着介绍构成控制系统的那些关键设备,像传感器、执行器还有控制器这些核心部件。在此基础之上,着重对多种先进控制策略在空调系统当中的适配程度与实际运用情况展开探讨,比如PID控制所具有的稳定性、模糊控制具备的柔性应对能力,以及预测控制在多变量耦合系统里面呈现出的前瞻性调度优势。与此结合空调水系统、风系统以及冷热源系统的结构特点与运行需求,深入剖析自动控制在各个环节节能运行方面的应用成效与实践成果。研究说明,自动控制技术经过科学合理的部署并加以集成应用之后,不但大幅降低了空调系统在不同工况之下所耗费的能源,而且还切实提高了系统运行的精准程度、稳定水平以及用户的舒适感受。

**[关键词]**空调系统; 节能运行; 自动控制

DOI: 10.33142/sca.v8i8.17641

中图分类号: TP202

文献标识码: A

## Application Research on Energy-saving Operation Automatic Control of Air Conditioning System

WANG Mingzhang, GUO Chongyang, WANG Feng, WANG Chanjun

Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

**Abstract:** With the increasingly tight global energy supply and the continuous improvement of environmental protection requirements, air conditioning systems, as one of the equipment with extremely concentrated energy consumption in modern buildings, have gradually received more and more attention in terms of energy-saving operation. Especially in high energy consumption scenarios such as large public buildings, industrial plants, commercial complexes, and high-end residential buildings, the operational efficiency of air conditioning systems directly affects the overall energy cost and environmental emissions. The article conducts a systematic exploration of automatic control technology in energy-saving operation of air conditioning systems. Initially, it starts with the basic principles of automatic control systems, and then introduces the key equipment that makes up the control system, such as sensors, actuators, and controllers. On this basis, we will focus on exploring the adaptability and practical application of various advanced control strategies in air conditioning systems, such as the stability of PID control, the flexible response capability of fuzzy control, and the forward-looking scheduling advantage of predictive control in multivariable coupled systems. Based on the structural characteristics and operational requirements of the air conditioning water system, air system, and cold and heat source system, this paper deeply analyzes the application effectiveness and practical achievements of automatic control technology in energy-saving operation in various links. Research has shown that after scientific and rational deployment and integrated application, automatic control technology not only significantly reduces the energy consumption of air conditioning systems under different operating conditions, but also effectively improves the accuracy, stability, and user comfort of system operation.

**Keywords:** air conditioning system; energy-saving operation; automatic control

### 引言

空调系统属于现代建筑环境调节范畴内极为重要的设备,其肩负着确保室内处于舒适温度状态以及保障空气质量的关键任务。不过,伴随城市化进程不断加快以及建筑规模持续拓展,空调系统的能耗也随之大幅攀升,已然变成建筑能耗当中占据相当比重的部分。传统空调系统大多运用集中式控制方式,对于能耗呈现出的动态变化情况以及系统实际运行效率有所忽略,进而致使能源出现较为严重的浪费状况。为契合节能减排这一国家战略,达成能

源利用达到最优状态的目标,空调系统节能运行自动控制技术便成了当下研究以及工程应用方面的核心要点。自动控制技术凭借自身具备的高效性、精准度以及智能化等特性,给空调系统的节能运行给予了颇为有力的技术层面的支撑。借助传感器来采集系统运行时的状态相关信息,同时联合先进的控制算法,自动对设备运行的各项参数加以调节,以此达成系统负荷与之动态匹配并且实现节能优化的效果,大幅度提高了系统的能源利用效率。本文会全面且细致地分析空调系统节能运行自动控制所涉及的相关

技术, 深入探讨该技术在水系统、风系统以及冷热源系统当中的具体运用情况, 目的是为实现空调系统的节能运行给予相应的理论依据以及技术方面的指导。

## 1 空调系统运行原理及节能重要性

空调系统的运行原理就是热量转换的过程, 如果需要制冷就将制冷剂气化吸热, 将室内的空气温度降低, 将热量排出室外, 制热则与之相反。空调主要是由内机和外机组成, 具体来说是由制冷系统、压缩机、蒸发器、盘管以及水泵风机构成, 由于空调的运行原理是冷热转换, 空调拥有制冷和制热的功能, 起到关键性作用的就是制冷剂。制冷剂的作用就是进行冷热转换, 在气化的状态吸热, 在液化的状态放热, 在这个过程中, 室外机内部的压缩机和蒸发器起到了关键性的作用, 蒸发器则是将制冷剂蒸发成气体的零件。目前, 正在使用的空调系统中, 由于采取的是集中式的控制系统, 加上设计的时候考虑节能粗放的因素, 因此对于能源的消耗是巨大的。但是, 正是因为空调使用的数量越来越多, 碳排放量也就越来越多, 对于能源的损耗也逐渐地增大, 由此很容易造成温室效应。所以, 在目前节能环保的要求下, 可以在自动化控制的基础上, 实现空调的自我循环利用, 以便能够达到不断降低损耗的目的, 在空调中运用该技术已经成为一种趋势。

## 2 空调系统节能运行自动控制技术

### 2.1 自动控制系统基本原理

空调系统节能运行的自动控制技术依据反馈调节原理来开展相关工作, 其具体做法是实时对系统运行状态予以监测, 并且自动去调整运行参数, 以此达成系统负荷和需求处于动态平衡的状态。这项控制技术最为关键之处就在于会借助传感器实时去采集像温度、压力、流量这类的关键参数, 接着把采集所得的数据信号输入到控制器当中, 控制器依照预先设定好的目标值以及控制算法, 自动发出控制指令来调整执行机构的动作, 进而使得系统运行状态发生变化, 最终实现按需供能的节能效果。自动控制系统的原理主要体现为闭环控制, 也就是系统持续不断地去监测自身输出结果和期望目标之间存在的偏差, 然后凭借自动调节的方式将偏差消除掉。空调系统的自动控制往往会采用多变量、多目标的控制模式, 这就需要对水系统、风系统以及冷热源的运行参数加以协调, 从而保证空调系统在整体上能够实现节能并且具备舒适的使用体验。通过引入像模糊控制、预测控制这样的智能控制算法, 控制系统可以突破传统控制方法所存在的种种局限, 更为灵活地去应对那些复杂的动态变化情况, 达成能耗的最优控制以及系统的稳定运行状态。

### 2.2 关键控制设备介绍

#### 2.2.1 传感器与检测器

传感器在空调系统自动控制中充当着“眼睛”的角色, 其主要负责对环境以及设备运行状态的变化予以实时感知。温度传感器主要用于监测室内外还有水系统里面的温

度变化情况, 可精准地反映出空调负荷方面的需求, 像热电偶以及热敏电阻这类类型便是常见的。压力传感器针对制冷剂以及风系统当中的压力变化展开监测, 以此来保障系统能够安全且稳定地运行。流量传感器的作用在于检测水流以及空气流量, 能够助力控制系统去判断负荷的大小并且对设备运行加以调节。传感器所具有的精度以及响应速度会直接对控制系统的调节效果产生影响, 在现代, 传感器还拥有数字化以及智能化的功能, 能够支持远程监测与诊断工作, 从而给节能控制给予可靠的数

#### 2.2.2 执行器

执行器在控制系统当中充当着“手”的角色, 其主要职责在于依据控制器所发出的各项指令, 去对空调系统里各个不同部件的运行状态做出相应调整, 进而达成对相关参数的精细控制。像电动阀门、电动风门以及变频调速器等等, 都属于较为典型的执行器范畴。其中, 电动阀门会通过调节制冷剂或者冷冻水的流量情况, 对系统的制冷或者制热能力产生一定影响; 电动风门则负责调节送风量以及新风量, 以此来确保室内空气品质以及舒适度能够得到保障; 而变频调速器主要是用来调节水泵和风机的转速, 从而精准地与负荷需求相匹配, 同时也能有效降低能耗。执行器的响应速度以及控制精度这两方面的情况, 和系统的节能效果有着直接且紧密的关联。在现代的执行器当中, 大多都会采用智能驱动技术, 而且还具备自诊断以及故障保护等多种功能, 如此一来便能够提升系统的可靠性以及稳定性。

#### 2.2.3 控制器

控制器在自动控制系统里充当着“大脑”的角色, 它依据传感器所反馈的数据以及预先设定好的控制算法来精准地算出最为理想的控制指令, 以此来指引执行器做出相应动作。就常见的情况而言, 控制器的类型有像 PLC 也就是可编程逻辑控制器、DCS 即分布式控制系统还有专用空调控制器这样的。控制器可不仅仅只是完成传统意义上的 PID 调节这一项任务, 它还将模糊逻辑、神经网络这类智能控制算法都整合进来了, 进而能够达成多变量耦合控制以及自适应调节这样更为复杂的控制操作。并且, 控制器自身还拥有数据采集、历史记录以及远程通信等诸多功能, 如此一来便能让运维管理以及节能效果评估等工作开展起来更为便捷一些。高性能控制器在实际应用当中, 其实在很大程度上提升了空调系统在自动化方面的水准以及节能方面的潜力。

### 2.3 控制策略与算法

#### 2.3.1 PID 控制

比例-积分-微分 (PID) 控制乃是空调系统自动调节所依据的一种基础算法。该算法借助比例调节来消除偏差, 凭借积分调节去消除稳态误差, 并且依靠微分调节对系统振荡加以抑制, 进而达成精确控制的目的。PID 控制有着结构较为简单的优点, 其调节效果也比较稳定, 在多数传统空调设备当中都适用。而其中的关键之处就在于要对参

数做出合理的整定,如此一来良好的PID调节才能够快速地对负荷变化作出响应,同时也能减少能量的浪费。虽说PID控制在单一变量调节方面表现得相当不错,然而一旦面对复杂非线性以及多变量耦合这类问题的时候,它的控制效果就会显得颇为有限了,而且容易出现调节迟滞以及超调等情况。

### 2.3.2 模糊控制

模糊控制依靠模糊逻辑来运作,可对空调系统里的不确定性以及非线性特性加以处理。此算法把传统的精确控制变量转变为模糊集合,并且与专家经验规则相结合,进而达成更为灵活且更为智能的控制效果。模糊控制在温度调节以及负荷预测这些方面有着明显的优势,能够随着环境的变化而做出适应,实现较为平稳且节能的运行状态。不过它也有缺点,那就是设计起来比较复杂,得有大量专家知识作为支撑,并且其计算量也不小。

### 2.3.3 预测控制

模型预测控制(MPC)借助构建空调系统的数学模型来预测未来系统运行的走向,并且提前对控制参数做出调整,以此达成动态的优化效果。这种方法在多变量存在耦合情况以及负荷会随时间变化的空调系统中适用,可切实提高节能成效。预测控制需要依靠精准模型以及实时的数据,其拥有不错的自适应能力以及鲁棒性,当下在节能控制的研究领域里属于热门的方向之一。

## 3 空调系统节能自动控制的应用分析

### 3.1 空调水系统自动控制

空调水系统在空调运行里很关键,是冷热交换的直接媒质,节能控制对系统能耗管理很重要。用自动控制技术能提高水系统效率和能源利用率,变频调速技术在水泵控制很关键,能根据冷负荷变化自动调水泵频率,让水流量和系统负荷精准匹配,防止低负荷时水流过剩浪费能量,保证高负荷时供冷能力。温度传感器实时监测冷冻水、冷却水温差,控制系统动态调设备参数,保持冷冻水温度在最佳制冷效率范围,让系统节能和舒适性平衡<sup>[1]</sup>。电动阀门依据多维参数反馈自动调制冷剂 and 冷冻水流量,配合水泵、冷冻机组协同控制,提升系统调节能力和响应速度。如此智能控制,空调水系统可降低水泵、电机、冷冻机能耗,减少设备负荷波动,延长设备寿命,提高系统稳定性和安全性,还助力绿色节能建筑发展。

### 3.2 空调风系统自动控制

风系统作为空调系统里负责空气输送及循环的关键部分,对于保持室内热湿环境的舒适性以及空气质量有着极为重要的作用,其节能控制对于减少整个建筑的能耗并且达成高效运转有重大意义。借助引入自动控制技术,风系统能够依照室内外环境状况以及人员活动的变化来灵活调整自身运行状态,达成对送风量、风速还有新风比例的动态优化。其中,风机变频调速器的应用让送风系统能够依据实时的负荷需求精准控制风量的输出,既防止了传

统定速运行时出现的能量浪费情况,又能有效地保障各个功能区域的通风换气需求。风门和风阀的智能化开闭与自动控制系统相互配合,针对新风与回风的比例展开实时调整,在满足新风量要求的前提下尽可能地减少冷热量的损失,进一步提高能源利用效率。与此布置于室内关键区域的温湿度传感器可不间断地监测环境参数的变化,并且把相关信息反馈给中央控制器,系统依据预先设定的舒适性指标智能地调节风速和风量,以此维持室内空气的均匀性以及舒适性<sup>[2]</sup>。部分高端系统还整合了CO<sub>2</sub>浓度检测装置,用于控制新风引入的量,从而在确保空气质量的基础之上进一步优化能耗分配。凭借风系统的自动化调节,不但大幅降低了风机耗电以及运行成本,而且还有效地提升了室内空气品质以及人体舒适度,达成了节能减排与健康生活环境构建的有机统一。

### 3.3 冷热源系统自动控制

冷热源系统在空调系统里属于能量供应的那一端,而其自动控制情况对于达成全系统节能而言是极为关键的。就冷水机组来讲,它是借助自动控制来对压缩机的启停以及负荷匹配加以调节的,并且会联合变频技术来调整制冷能力,如此一来便能够防止出现过度运行以及频繁启停的现象<sup>[3]</sup>。再看锅炉以及热水系统,它们采用的是自动点火以及燃烧调节的方式,在保证热能能够正常供应之际,还能够最大程度地去减少燃料方面的浪费情况。冷热源系统的自动控制通过对能源输出进行精准调节,进而和水系统以及风系统协同开展运行工作,以此达成整体能量流的最优状态,从而使得系统的效率以及节能水平都得以显著地提升起来。

## 4 结语

本文较为详尽地阐述了空调系统节能运行自动控制技术所涉及的基本原理、关键设备以及控制算法等方面内容,同时深入剖析了自动控制技术于空调水系统、风系统以及冷热源系统当中的实际应用状况。借助自动化控制手段,空调系统可达成负荷与运行状态的动态契合,进而削减那些不必要的能源耗费,促使系统的运行效率得以提升,并且让使用环境的舒适度也有所改善。伴随智能控制技术持续向前发展,未来的空调系统节能自动控制将会变得更加智能化、集成化并且更为高效,从而给绿色建筑以及可持续发展赋予坚实的技术保障。

### [参考文献]

- [1]陈瑞.智能建筑空调系统节能研究与实现[D].湖北:长江大学,2023.
- [2]申建光.集中式空调系统新风节能自动控制实施探讨[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2021(1):190-191.
- [3]孙国忠,李娜,王敏.中央空调系统节能改造技术分析[J].建筑经济,2024,45(2):337-340.

作者简介:王明章(1973.7—),性别:男,民族:汉,籍贯:天津,职称:高级工程师,学历:本科,毕业院校:浙江工业大学,研究方向:制冷空调控制与节能方向。