

公共建筑空调系统运行能耗影响因素及节能优化研究

邱洲 411523199310106055

摘要

随着我国城镇化进程加快，公共建筑保有量持续增长，空调系统作为公共建筑能耗的核心组成部分，其能耗占比普遍达到建筑总能耗的 40% 以上，节能优化空间巨大。本文通过梳理公共建筑空调系统的运行特征，从建筑本体、设备性能、运行管理三个维度分析空调系统运行能耗的核心影响因素，并结合当前公共建筑节能改造与运行管理的实践经验，提出针对性的节能优化策略，为降低公共建筑空调运行能耗、实现建筑领域双碳目标提供参考。研究表明，室外气象条件、室内热环境要求、空调设备老化程度以及运维管理水平是影响空调能耗的核心变量，通过被动式节能改造、设备升级、智能调控与精细化管理结合的方式，可以有效降低空调系统运行能耗 15%-30%，节能效益显著。

关键词：公共建筑；空调系统；运行能耗；节能优化

一、引言

在我国双碳战略目标推进过程中，建筑领域节能降碳是实现整体碳减排目标的重要环节，而公共建筑由于其功能属性特殊，人员密度大、空调运行时间长，单位面积能耗远高于居住建筑，其中空调系统能耗占公共建筑总能耗的比例可达 40%~60%，在夏热冬冷地区甚至更高。近年来，随着我国公共建筑规模不断扩大，大型商业综合体、办公楼、医院、交通枢纽等公共建筑的空调能耗总量持续增长，给城市能源供应带来了较大压力，也推高了公共建筑的运营成本。因此，深入分析公共建筑空调系统运行能耗的影响因素，探索科学可行的节能优化路径，对于推动建筑领域节能降碳、提升公共建筑运营效益具有重要的现实意义。

二、公共建筑空调系统运行能耗影响因素分析

2.1 外部环境与建筑本体因素

首先，室外气象条件是影响空调系统能耗的基础外部因素。室外温度、湿度、太阳辐射强度直接决定了空调系统的冷负荷与热负荷，在夏季极端高温天气下，

公共建筑空调冷负荷会显著提升，导致空调系统长时间满负荷运行，能耗大幅增加。同时，太阳辐射通过公共建筑的玻璃幕墙、窗户进入室内，会产生额外的得热，进一步加大空调冷负荷，尤其是大面积采用玻璃幕墙的现代公共建筑，太阳辐射得热可占空调总冷负荷的 30%以上，是推高夏季空调能耗的重要原因。

其次，建筑本体的围护结构热工性能直接影响空调负荷大小。公共建筑围护结构的传热系数、遮阳系数、气密性等参数决定了室内外热量交换的强度，围护结构保温隔热性能差的公共建筑，夏季室外热量更容易传入室内，冬季室内热量更容易散失到室外，导致空调系统负荷增加，能耗升高。此外，建筑平面布局、窗墙比设计也会影响空调能耗，大窗墙比的公共建筑虽然采光效果好，但夏季太阳辐射得热多，空调冷负荷明显高于窗墙比合理的建筑，增加了空调系统的运行能耗。

2.2 空调设备系统因素

第一，空调设备的选型与能效等级直接决定运行能耗水平。部分公共建筑在空调系统设计阶段，为了预留冗余负荷，存在盲目放大设备容量的情况，导致空调设备长期在低负荷状态下运行，而冷水机组、水泵等设备的部分负荷效率较低，从而造成不必要的能耗浪费。同时，部分投入使用时间较长的公共建筑，空调设备老化严重，能效水平远低于当前国家能效标准，设备换热效率下降，运行能耗比新设备高出 20%以上。

第二，空调水系统与风系统的设计合理性影响能耗大小。部分老旧公共建筑的空调水系统存在水力失调问题，近端流量过大、远端流量不足，为了满足末端空调需求，不得不加大水泵运行频率，增加了水泵的能耗。同时，风系统管道积灰、阀门泄露等问题会增加风系统阻力，导致风机运行功耗上升。

第三，空调系统的余热回收利用程度不足。公共建筑空调系统在运行过程中会产生大量的冷凝热，尤其是采用风冷热泵的空调系统，冷凝热直接排放到室外环境中，不仅造成热污染，也浪费了大量热能，如果能够对这部分余热进行回收，用于建筑生活热水加热，可以有效降低空调系统的综合能耗。但目前多数公共建筑空调系统未设置余热回收装置，造成了能源的浪费。

2.3 运行管理因素

运维管理人员的专业能力不足是导致空调能耗偏高的重要人为因素。部分公共建筑的空调运维人员缺乏专业培训，不了解空调系统的优化运行方法，不能根据室外气象条件和室内负荷变化及时调整空调设备运行参数，导致空调系统长期处于不合理的运行状态，造成能耗浪费。例如部分建筑在春秋过渡季节仍然开

启冷水机组供冷，而没有充分利用室外新风进行免费冷却，白白消耗了大量能源。

三、公共建筑空调系统节能优化策略

3.1 建筑本体被动节能优化

针对公共建筑围护结构热工性能不足的问题，首先可以对围护结构进行节能改造，提升保温隔热性能。对于外墙，可以采用外保温技术，添加挤塑聚苯板、岩棉等保温材料，降低外墙传热系数；对于窗户，可以更换为中空 Low-E 玻璃，提升窗户的隔热性能，同时降低遮阳系数，减少夏季太阳辐射得热；对于玻璃幕墙，可以加装外置遮阳设施，或者采用遮阳型低辐射玻璃，有效降低夏季太阳辐射得热，减少空调冷负荷。研究表明，通过围护结构节能改造，可以降低公共建筑空调负荷 10%~20%，从源头上减少空调系统的能耗需求。

3.2 空调设备系统升级改造

首先，对低效老化的空调设备进行更换升级，选用高能效等级的冷水机组、水泵、风机等设备，从设备层面提升空调系统的运行效率。对于容量冗余过大的空调设备，可以根据实际负荷测算结果，更换为容量匹配的高效设备，避免大马拉小车造成的能耗浪费。其次，对空调水系统进行水力平衡改造，通过安装动态平衡阀门、调整管道管径，解决水力失调问题，降低水泵的运行能耗；同时对风系统进行清灰、改造，降低风系统阻力，减少风机功耗。

3.3 智能化运行与精细化管理优化

建立空调系统能耗分项计量与智能监测系统，实时采集空调系统各个设备的运行参数与能耗数据，通过大数据分析识别空调系统运行中的能耗异常问题，及时进行整改。同时，推广应用中央空调智能控制系统，根据室外气象条件、室内负荷变化自动调整空调设备的运行参数，实现空调系统的动态调节，提升系统部分负荷运行效率。例如，采用变流量水系统、变风量风系统，根据末端负荷变化调整水泵和风机的运行频率，相比定流量系统可以降低水泵、风机能耗 30%以上。

四、结论

公共建筑空调系统运行能耗受到外部环境、建筑本体、设备性能、运行管理等多方面因素的共同影响，其中围护结构热工性能、设备能效水平、运行调控方式是影响能耗的核心因素，节能优化需要从源头减负荷、系统提效率、运行优管

理三个层面协同推进。通过被动式节能改造降低空调负荷，对低效设备进行升级改造提升系统本身的运行效率，结合智能化调控与精细化管理优化运行状态，可以有效降低公共建筑空调系统的运行能耗，实现显著的节能效益与环境效益。在我国双碳战略背景下，推进公共建筑空调节能优化是建筑领域节能降碳的重要抓手，对于降低公共建筑运营成本、缓解城市能源供应压力具有重要的推动作用。

参考文献

- [1] 江亿. 我国建筑节能战略研究[J]. 中国工程科学, 2016, 18(2): 10-18.
- [2] 龙惟定. 建筑能耗分析与节能[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [3] 王福林, 王清勤. 公共建筑空调系统节能改造技术指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.