

Analysis of operation adjustment and flight linkage of central air conditioning system in terminal building

Jian Wu

Beijing Capital Airport Power Energy Co., Ltd., Beijing, 101300, China

Abstract

In the airport operation, the internal environment comfort of the terminal as the core of passenger distribution is directly related to people's travel feelings. As a critical facility for terminal environmental control, the operation efficiency and energy consumption management of the central air conditioning system are essential. Under the background of rapid development of science and technology, the goal of improving passenger comfort and reducing energy consumption in airport operation can be realized through the operation adjustment of terminal central air conditioning system and flight linkage. That is to say, the precise adjustment of the operation of the central air conditioning system of the terminal can ensure the passenger comfort with the minimum energy consumption and adapt to the change of passenger flow brought by the flight entry and exit. Based on this, this paper puts forward some views on the significance and realization strategy of operation adjustment and flight linkage of terminal central air conditioning system for reference.

Keywords

terminal central air conditioning system; operation adjustment; flight linkage; meaning; strategy

航站楼中央空调系统运行调节与航班联动浅析

吴剑

北京首都机场动力能源有限公司, 中国·北京 101300

摘要

在机场运营中, 作为旅客集散的核心区域航站楼的内部环境舒适性与人们的出行感受有着直接的关系。作为航站楼环境控制的关键设施, 中央空调系统的运行效率和能耗管理是必不可少的。在科技飞速发展背景下, 机场运营中提升旅客舒适性以及降低能源消耗这一目标可通过航站楼中央空调系统运行调节与航班联动得以实现。即借助于对航站楼中央空调系统运行开展精准调节, 以最低能耗保证旅客舒适性的同时, 适应航班进出港带来的客流变化。基于此, 文章就航站楼中央空调系统运行调节与航班联动意义及实现策略提出几点看法, 以供参考。

关键词

航站楼中央空调系统; 运行调节; 航班联动; 意义; 策略

1 引言

航站楼中央空调系统承担着保障候机大厅、值机区、安检区、登机口等区域温湿度适宜的重要任务, 其运行状况直接影响旅客舒适性、设备能效及运营成本。航站楼运行的最大特点是航班起降的不均衡性, 航班数量在一天内呈现周期性波动, 导致旅客流量大幅变化。因此, 如何通过精细化的中央空调系统调节策略, 使其运行与航班时刻紧密联动, 是提升空调系统效率、降低能耗的关键课题。当前, 许多航站楼仍采用定时或手动调节的空调控制方式, 难以适应航班时刻的动态变化, 导致部分时段过度制冷或制热, 能源浪费严重^[1]。智能化、数据驱动的中央空调运行管理技术, 为航

站楼提供了新的优化方向。通过航班信息、旅客数量预测及环境监测数据, 中央空调系统可实现自适应调节, 使空调运行符合实际需求, 同时兼顾舒适性与能效优化。

2 航站楼中央空调系统运行调节与航班联动的意义

航站楼空调系统能耗占整体建筑能耗的比重较大, 而航班起降的不均衡性进一步增加了空调系统负荷变化的复杂性。实现空调系统与航班运行的精准联动, 不仅能够提升空调系统的运行效率, 还能在确保舒适性的同时有效降低能源消耗。首先, 精准调节空调系统运行可有效降低运营成本。航站楼空调系统通常采用水冷机组、冷却塔、空气处理机组等大型设备, 其耗能占机场总用能的 30% 以上。若无法根据航班动态调整空调参数, 系统可能在低客流时段维持高能耗状态, 导致能源浪费。通过与航班进出港时刻空调负荷的

【作者简介】吴剑(1973-), 男, 中国北京人, 本科, 高级技师, 从事暖通空调研究。

匹配,能够在低需求时段减少冷气或热量的消耗,减少不必要的能源消耗,从而使运营开支达到最优化的目的。其次,通过航班联动调节使旅客及工作人员的舒适性得到提升。航站楼内部的温度和湿度都由中央空调系统控制,如果调节不当而出现冷或过热的情况不仅导致旅客感到不适,而且还会造成能源浪费。同时加之航站楼内长时间有大量工作人员提供各种服务,其工作效率一定程度上受到环境温度适宜性的影响。因而借助于中央空调系统运行调节与航班联动,这可以促使不同区域的温湿度达到人体舒适要求,从而提升航站楼整体环境舒适性。最后,科学合理的运行调节策略可以延长设备使用年限。鉴于航站楼内人员众多,中央空调系统往往处于高负荷运转状态,这样一来势必会导致设备磨损加剧以及维护成本增加。如果能根据航班动态调节中央空调系统运行使设备在需求较低的情况下降低负荷,这样便可减少诸如压缩机、冷水机组、风机等设备长时间高负荷运转,从而达到延缓老化进程、减少检修频次、提高使用寿命的目的。

3 航站楼中央空调系统运行调节与航班联动实现策略

3.1 航班信息驱动的空调负荷预测与智能调控

首先,应构建基于多源数据融合的空调负荷预测模型,输入变量包括航班起降时刻、机型、乘客数量、登机口分布等航班信息,以及室外温湿度、风速等气象条件,同时结合历史空调负荷数据,利用长短时记忆网络、随机森林等机器学习算法建立预测模型。模型训练阶段需进行数据清洗、特征选择及超参数优化,以提升预测精度。其次,需实现航站楼不同区域的负荷分区计算,基于实时航班计划和旅客流向,结合建筑空间热工特性,建立局部负荷计算方法,以细化空调运行调节策略。调控系统要有采集数据以及实时处理能力,并借助于集成数据接口对接机场运营数据,从而让中央空调系统能和航班动态数据实现实时交互^[2]。在中央空调系统调节操作上诸如冷水机组运行、风机盘管送风量、变风量终端风速和空气处理机组供风温度等,通过智能调控逻辑地设置并结合预测运行负荷对它们进行动态调整。为保证中央空调系统紧跟航站楼客流的变化达到节能与舒适性目的,我们还可以采取基于模型预测控制方式,从而可以滚动优化求解最优调节策略。另外,为了进一步提高航站楼中央空调系统与航班联动调控的精确性,需要采用状态监测与自适应调节机制,从而实现能够结合实际客流量情况调整运行负荷预测误差补偿。最后,负荷预测与智能调控系统架构须采取分布式控制模式以及边缘计算机技术,这能够确保其在复杂运行环境下提高数据处理效率、稳定性和智能化。

3.2 分区空调系统优化与航班时刻同步调节

航站楼由各种功能不同的区域组成,并且它们不同时间段人员密度及停留时间存在显著差异,因而为保证舒适性以及节能中央空调系统还应采取分区空调系统优化与航班

时刻同步调节。首先,候机区空调系统应在航班高峰到来前进行适时预冷或预热,而客流较低时段调整送风方式降低功耗,这样一方面可以保证到达时旅客所处环境温度适宜,另一方面则能降低能耗。值机区、安检区需结合实时客流监测数据,考虑短时间内旅客聚集密度大的特点。动态调节送风量及温度设置,切忌局部过冷或过热现象的发生。行李提取区空调系统运行功率则须充分结合航班抵达时间精确控制,以减少能耗。在候机大厅等空间较大区域,可结合空气质量监测数据调节该分区空调系统新风比例,一方面提高空气流通效率,同时也可在减少无谓负荷增加的前提下实现节能。其次,在系统实现方面采取变风量控制技术,通过温湿度传感器、红外人体感应装置及实时航班数据联动,动态调节中央空调系统各区域送风量及温度设定点,提高负荷匹配精度,从而实现节能与舒适性目的^[3]。此外,我们还可通过预测性控制方式,针对航站楼各区域冷负荷需求进行提前计算,并基于历史数据和实时航班数据,对中央空调各分区系统的启动和运行时序进行优化,以达到减少停机能耗的目的。在实施过程中,还需建立数据反馈机制,将各分区空调系统运行数据与深度学习算法相结合,从而进一步使航站楼各分区空调系统与航班时刻同步调节精度提升。

3.3 冷热源联合优化调度

首先,采用时间序列分析或机器学习方法对航站楼中央空调系统运行负荷预测精度进行优化,结合历史数据和实时监测信息,构建航班时序负荷预测模型。航站楼中央空调冷源系统,为降低电力成本及峰值负荷可以采取最优控制策略确定充放冷周期,在电价低谷时段启动冰蓄冷或水蓄冷等蓄冷装置。而在高峰时段,结合冷水机组负载调整策略,在规避机组频繁启停造成的能耗增加的情况下,协调冷水机组与冷水机组的运行方式,对冷负荷进行动态分配。在热源调度上可以采取多能互补和余热回收方式,利用空调系统冷凝热提供生活热水或供暖热源,并与地源热泵、空气源热泵等低品位热能利用技术协同运行,以提高热能回收利用效率。此外,应引入需求响应控制策略,通过实时监测室内环境参数与航站楼客流变化,动态调整风机、水泵及末端设备运行状态,以降低不必要的能耗。进一步,可结合光伏发电系统与智能微网架构,利用光伏-电储能-冷热联供一体化控制策略,在确保航站楼舒适性的同时,提高可再生能源利用比例。此外,构建基于模型预测控制的自适应优化调度系统,可通过滚动优化策略动态调整冷热源设备启停逻辑及负荷分配方案,以适应航班起降波动,进一步提升系统运行效率。

3.4 送风模式优化与动态调节

首先,旅客高峰期航站楼中央空调系统须采取大风量、高诱导比的变风量送风策略,通过优化风口布置和风速控制,这在实现气流组织效率提升的同时,也有助于增强冷空气与室内空气的混合效应,从而达到快速满足区域温度和湿度需求以及减少局部冷热不均风险的目的。其次,通过调

整送风温度、风速和气流路径,在旅客量较低时段采用低风量送风方式,并结合变风量控制技术,减少空调负荷以降低不必要的能耗损失。此外,为实现气流均匀覆盖、减少短路循环及气流滞留、改善热湿环境均匀性目标,航站楼中央空调系统可采取侧送风、上送风或地板送风等不同方式,这可通过CFD(计算流体力学)模拟分析不同航站楼结构的气流分布特性,随后以此为依据优化送风口布局。通过红外热成像、客流统计传感器等设备对旅客密度及活动范围进行监测,并结合室内温湿度传感器反馈信息,随后基于深度学习构建一个智能调控模型,从而达到区域送风精准的目的^[1]。同时再结合航班时刻数据对候机区、值机区、安检区等重点区域的负荷变化趋势预测,对送风参数进行提前调整,防止出现冷、热供给滞后或过量现象。系统可通过大数据分析和自适应控制机制对航班延误、突发大客流等情况进行快速响应,在提升中央空调系统灵活性背景下及时调整送风方式。最后,结合能源管理系统与自动化系统多目标优化送风系统,保证在各种运行工况下航站楼中央空调系统都能保持最优的送风状态,从而实现较好地能效和舒适性。

3.5 航站楼中央空调系统节能模式

首先,建立航班时刻表、客流量及气象数据融合的预测模型,实时调整空调系统运行策略。夜间模式适用于航站楼客流低谷时段,主要采取降低新风量、调整送风温度、减少非必要区域供冷(供热)等措施,同时结合变风量系统及变频控制技术降低机组负载。待机模式适用于短时空调需求波动场景,采用区域温度设定值自适应调整算法,使温度保持在节能范围内,同时降低风机及冷水机组运行频率以减少能耗。高峰模式适用于航班密集时段,系统根据客流密度及实时负荷调节冷冻水供回水温差、优化冷热源启停逻辑,以促使换热效率增强。同时为了平衡航站楼节能和确保旅客舒适性二者,还应采取需求控制通风模式。进一步的,我们还可以基于人工智能算法优化,通过中央管理系统集成地环

境监测传感器,实时采集并控制航站楼中央空调系统温度、湿度、能耗等参数,实现与航班高效联动及节能目标^[9]。此外,引入预测控制机制结合精准的气象数据和未来负荷预测结果,提前调整中央空调冷源系统运行状态,减少启停能耗损失。最后,航站楼中央控制系统实现高度集成,以基于航班动态以及各区旅客实时数量对中央空调系统开展自适应调节,从而保证其不同负荷条件下实现最优运行状态,以减少整体能耗。

4 结语

综上所述,对于机场运营管理来说,鉴于航站楼巨大的空间以及客流量,中央空调系统运行调节实现与航班联动有助于在保证人员舒适性情况下降低能耗,从而提升机场运营效益。对此,上文基于研究与实践提出了航班信息驱动的空调负荷预测与智能调控、分区空调系统优化与航班时刻同步调节、冷热源联合优化调度、送风模式优化与动态调节以及航站楼中央空调系统节能模式等促使航站楼中央空调系统运行调节与航班联动的策略。同时,在今后航站楼的中央空调系统运行调节将随着人工智能、大数据等技术日益成熟,其与航班联动成效也得以更为精准化、智能化,从而实现机场运营效益提升以及旅客舒适性保障双赢目标。

参考文献

- [1] 汪坤鹏.机场航站楼建筑智能化系统设计及其节能效益研究[D].华南理工大学,2023.
- [2] 李文.南京禄口国际机场T1航站楼空调冷源系统节能运行仿真[J].江苏航空,2024(2):39-40.
- [3] 李哲青,温嘉权,沈浩,等.机场航站楼空调水系统深化设计方法与案例研究[J].制冷与空调,2024,24(6):55-61.
- [4] 聂己开,智能建筑.西北某机场航站楼中央空调系统能耗预测与节能优化研究[D].西安建筑科技大学[2025-03-12].
- [5] 蒋靖.航站楼中央空调通风系统的运行与控制[J].制冷与空调(四川),2014(2):6.