

机场航站楼节能设计技术路径研究

朱强强

广西机场管理集团建设工程指挥部 广西 南宁 530048

摘要：机场航站楼作为高能耗大型公共建筑，其节能设计对实现绿色低碳发展具有重要意义。本文系统分析了航站楼功能分区能耗特征与关键影响因素，构建了涵盖建筑本体、能源系统、可再生能源与智能控制的节能技术路径框架。通过优化围护结构、集成高效设备、利用自然能源并实施智能管理，可显著提升能效。结合分阶段实施策略与多维度协同机制，形成了一套完整的航站楼节能设计技术路径，为新建及改扩建航站楼的节能实践提供理论依据与技术支持，助力民航业可持续发展目标的实现。

关键词：机场航站楼；能耗特征；节能设计；技术路径；实施策略

引言：机场航站楼作为大型公共建筑，能耗巨大。随着节能减排要求提高，其节能设计迫在眉睫。航站楼功能复杂，能耗分布不均，受建筑规模、气候、旅客流量等因素影响。研究节能设计技术路径，能降低能耗、减少运营成本、提升环境质量，对推动绿色机场建设、实现可持续发展具有重要意义。

1 机场航站楼能耗特征分析

1.1 航站楼功能分区与能耗构成

机场航站楼作为集多种功能于一体的复杂建筑体，其内部功能分区明确且各具特色，直接导致能耗分布的显著差异。值机区域作为旅客办理登机手续的第一站，通常配备大量电子设备与信息显示屏，一个大型航站楼的值机区照明功率密度可能达到每平方米18瓦，且需保持全天候运行，因此照明系统与动力设备成为该区域的主要能耗来源^[1]。安检区域则因安全检查设备的密集使用，如X光机、金属探测门等，单台X光机功率可达1.5至3千瓦，动力设备能耗显著，同时为确保旅客舒适体验，空调系统也需持续运作以维持适宜温湿度。候机区域作为旅客停留时间最长的空间，其面积可达数万平方米，能耗特点体现在大面积的公共区域照明、持续运行的空调系统以及为满足旅客多样化需求而设置的商业设施用电上。商业区域则因零售、餐饮等服务的提供，不仅照明需求多样，且烹饪设备、冷藏设备等特殊用电设备的使用，例如一个中型餐饮店铺年用电量可能超过15万千瓦时，进一步增加了能耗。

1.2 能耗影响因素分析

建筑规模与形态对航站楼能耗具有基础性影响。一座建筑面积超过30万平方米的大型航站楼因空间跨度大、功能分区多，导致能源传输距离增加、系统复杂度提升，进而增加能耗。而流线型或紧凑型建筑形态则有

助于减少风阻、优化自然通风与采光，从而降低空调与照明系统的负荷，例如将建筑体形系数控制在0.25以下可有效降低外围护结构能耗。气候条件与地域差异要求航站楼设计需具备高度适应性。在年供暖度日数超过3000℃的寒冷地区，需强化建筑保温性能，减少供暖能耗；在年空调度日数超过2000℃的炎热地区，则需优化遮阳与通风设计，降低制冷需求。旅客流量与运营时间的动态变化对航站楼能耗产生直接影响。高峰时段旅客流量可能突破8万人次，照明、空调及动力设备需满负荷运行以满足需求；而夜间低谷时段旅客量可能降至千人以下，则可通过智能控制系统调整设备运行状态，实现能耗的精细化管理。这种动态调整能力成为现代航站楼节能设计的重要方向。

2 能源设计技术路径框架

2.1 建筑本体节能设计

建筑本体节能设计是机场航站楼节能的基础环节。通过优化建筑围护结构，例如将屋面传热系数降低至0.4瓦每平方米开尔文以下，提升墙体、屋面及门窗的保温隔热性能，可有效减少热量传递，降低空调与供暖系统的负荷。例如，采用导热系数低于0.03瓦每米开尔文的高性能保温材料与传热系数低于1.8瓦每平方米开尔文的断桥铝合金门窗，能在保证建筑安全性的同时，显著提升节能效果。自然采光与通风设计则通过合理布置天窗、导光管及通风廊道，引入自然光与新鲜空气，可将建筑内部主要功能区的自然采光照度提升至300勒克斯以上，减少人工照明与机械通风的使用^[2]。这种设计不仅降低能耗，还提升了室内环境的舒适度。建筑形态与布局的节能逻辑体现在对体形系数、朝向及空间组织的精心规划。流线型建筑形态有助于减少风阻，优化自然通风；合理朝向设计则能充分利用太阳能资源，降低冬季供暖

需求；而紧凑的空间组织则能缩短能源传输距离，提高系统效率。

2.2 高效能源系统集成

高效能源系统集成是航站楼节能的关键手段。空调系统节能技术通过变频控制、地源热泵及辐射空调等先进技术，实现按需供能，避免能源浪费。变频控制技术能根据室内外环境变化自动调节设备运行频率，保持室内温湿度稳定；地源热泵则利用地下浅层地热资源进行供暖与制冷，具有高效、环保的特点。照明系统节能技术则通过采用LED照明、智能调光及分区控制等措施，实现照明能耗的精准管理。LED照明具有高效、长寿命的特点，智能调光技术则能根据光照强度自动调节亮度，分区控制则能针对不同区域的需求进行独立控制。电梯与扶梯的节能运行策略则通过变频驱动与能量回收技术，降低设备运行过程中的能耗。

2.3 可再生能源利用技术

可再生能源利用技术是航站楼节能的重要补充。太阳能利用通过光伏发电与太阳能热水系统，将太阳能转化为电能与热能，满足航站楼部分用电与热水需求，大型航站楼屋面光伏系统年发电量可达200万千瓦时以上。地热能利用则通过浅层地热能供暖与制冷系统，为航站楼提供稳定、清洁的能源供应，单口深度100米的地埋管换热能力约为50瓦每延米。风能利用则针对航站楼周边风力资源条件，分析小型风力发电装置的适用性，在年平均风速超过5.5米每秒的区域具有应用潜力。

2.4 智能控制与能源管理系统

智能控制与能源管理系统堪称航站楼节能降耗的智慧大脑中枢。建筑设备监控系统借助各类传感器实时监测与精准调控建筑内各类设备的运行状态，实现能源的精细化管理。能源管理平台则通过全面收集、深入分析能源使用数据，为管理者提供科学决策支持，优化能源分配与使用策略。人工智能技术的应用则进一步提升了能耗预测与动态调控的准确性，通过机器学习算法对历史数据进行分析，预测未来能耗趋势，并自动调整设备运行参数，实现能耗的最小化。

3 关键节能技术路径

3.1 建筑围护结构优化

建筑围护结构优化是提升航站楼节能性能的重要举措。采用高性能保温隔热材料，如导热系数低于0.005瓦每米开尔文的真空绝热板与导热系数约为0.018瓦每米开尔文的气凝胶，可显著降低热量传递效率，使外墙综合传热系数降至0.45瓦每平方米开尔文，减少室内外热量交换，从而降低空调与供暖系统的能耗^[3]。动态遮阳系统则

通过可调节百叶与电致变色玻璃等装置，根据光照强度与角度自动调整遮阳效果，遮阳系数可在0.2至0.6之间动态调节，既保证室内充足自然采光，又避免过度日照导致的室内温度升高。气密性与水密性提升技术聚焦于门窗节点密封设计，通过优化密封条材质与安装工艺，将建筑整体气密性指标控制在1.0每小时换气次数以下，减少空气渗透与水汽侵入，维持室内环境稳定，降低因环境波动引发的额外能耗。

3.2 自然能源利用技术

自然能源利用技术充分挖掘自然环境的节能潜力。自然通风采用烟囱效应与风压通风的混合模式，通过合理设计建筑通风口位置与高度，利用热压与风压作用形成自然气流，减少机械通风的使用。天然采光则通过导光管、反光板与侧窗的协同设计，将自然光引入建筑深处，减少人工照明需求。导光管能高效传输自然光，反光板则能扩大光照范围，侧窗则根据朝向与光照条件进行优化布局。可再生能源利用方面，地源热泵系统利用地下浅层地热资源进行供暖与制冷，具有高效稳定的特点；太阳能光伏光热一体化系统则将太阳能转化为电能与热能，满足航站楼部分用电与热水需求。

3.3 高效设备与系统集成

高效设备与系统集成是航站楼节能的关键环节。空调系统采用变频技术，根据室内外环境变化自动调节设备运行频率，保持室内温湿度稳定；热回收装置则能回收排风中的余热，用于预热新风，降低供暖能耗；低温送风技术则通过提高送风温度差，减少送风量，降低风机能耗。照明系统采用LED光源，具有高效长寿命的特点；智能调光控制则能根据光照强度与区域需求自动调节亮度，实现照明能耗的精准管理。电梯系统配备能量回馈装置，将电梯运行过程中产生的制动能量回收并反馈给电网；群控优化算法则能根据电梯运行状态与乘客需求，优化电梯调度策略，减少电梯空载运行与频繁启停，降低能耗。

3.4 智能控制与能源管理

智能控制与能源管理是航站楼节能的智慧支撑。建筑能源管理系统通过数据采集、分析与优化决策，实时监测航站楼能源使用情况，识别能耗异常点，提出节能优化建议。物联网技术实现设备状态实时监测与故障预警，通过传感器网络收集设备运行数据，及时发现潜在故障，避免设备非计划停机导致的能耗增加^[4]。人工智能应用则通过构建能耗预测模型与动态调适策略，利用机器学习算法对历史数据进行分析，预测未来能耗趋势，并自动调整设备运行参数，实现能耗的最小化。

4 技术路径实施策略

4.1 分阶段实施路径

规划阶段需深入分析当地气候数据，运用模拟技术预测不同季节能耗分布，以此设定科学合理的能耗基准。这一基准将成为后续设计、施工及运营阶段节能目标的重要参照。设计阶段强调多专业协同优化，建筑师需与结构、机电、景观等专业紧密配合，从建筑布局、空间形态到设备选型、绿化配置，全方位融入节能理念，确保设计方案既满足功能需求又具备高效节能特性。施工阶段则聚焦绿色施工管理与材料能耗控制，通过优化施工流程、减少材料浪费、选用低能耗施工设备等措施，降低施工过程中的能耗与碳排放。运营阶段重视用户行为引导与系统持续调适，通过宣传教育、激励机制等方式引导用户养成节能习惯，同时利用智能监控系统实时监测能耗数据，根据实际运行情况对设备参数进行动态调整，确保节能效果持续有效。

4.2 多维度协同机制

跨专业协同要求建筑师、工程师、运营商建立联合工作模式，定期召开跨专业协调会议，利用建筑信息模型等数字化工具进行协同设计与冲突检测，共同解决设计、施工及运营过程中遇到的节能技术难题，确保各专业间信息畅通、工作衔接紧密。跨阶段协同强调设计数据向运营阶段的无缝传递，通过建立统一的基于云计算技术的数据管理平台，实现设计参数、设备信息、能耗数据等关键信息的共享与更新，确保从规划设计到运营维护的全链条数据一致性，为运营阶段的节能管理提供有力支持。跨利益相关方协同则鼓励业主、设计方、施工方、用户等各方共同参与节能工作，通过签订节能目标责任书、建立节能奖励机制等方式，激发各方积极性，形成节能工作合力。

4.3 风险管理与应对措施

技术风险方面，需对新技术的可靠性与长期维护成

本进行充分评估，选择经过至少3个大型项目成功应用的成熟节能技术，并建立完善的技术支持体系，确保新技术在航站楼全生命周期内稳定运行。对于前沿技术，可划定试点区域先行验证^[5]。经济风险方面，需综合考虑初期投资与节能收益的回收周期，通过详细的经济分析，确保节能技术改造项目的投资回收期控制在7年以内，制定合理的投资计划与节能收益分配方案，确保节能投资的经济可行性。运营风险方面，需关注用户行为偏差对节能效果的影响，通过每年开展不少于4次用户节能培训、设置超过300处节能提示标识、优化设备操作界面等方式，引导用户正确使用节能设施，减少因用户操作不当导致的能耗增加。此外，建立快速的反馈响应机制同样重要。

结束语

机场航站楼节能设计技术路径研究，对推动航站楼绿色发展至关重要。通过分析能耗特征，构建技术路径框架，提出关键技术与实施策略，涵盖多方面内容。分阶段实施、多维度协同及风险管理确保节能目标实现。未来，随着技术进步，航站楼节能设计将更完善，为绿色航空发展贡献力量，实现经济效益与环境效益双赢。

参考文献

- [1] 李海龙,刘刚,陈阿彬,等.航站楼钢结构网架液压提升关键技术研究[J].建筑机械化,2024,45(10):84-87.
- [2] 罗俊良.钢结构在机场航站楼工程中的应用[J].建材发展导向,2024,22(19):7-10.
- [3] 刘旭,顿浩.机场航站楼暖通空调节能减排设计研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(02):11-13.
- [4] 李梅,杨松礼.机场航站楼暖通空调系统的节能运行分析[J].中国资源综合利用,2023,41(10):161-163.
- [5] 袁准,朱文杰,李罗新,等.机场航站楼暖通空调系统的节能施工技术应用[J].工程建设与设计,2023,(18):190-192.