

# 大型公共建筑能耗模拟与节能改造评估

贾盛<sup>1</sup> 方娟<sup>2</sup>

1 上海融嘉房地产开发有限公司 2 上海檬弗建筑工程科技有限公司

DOI:10.12238/bd.v9i4.4439

**[摘要]** 随着能源消耗的不断增加,大型公共建筑能效问题越来越成为一个迫切需要解决的问题。该研究在建立仿真模型的基础上对建筑能耗现状进行评价,提出相关节能改造方案。利用变频空调,LED照明和智能控制系统节能技术,建筑能效明显提高。模拟的数据表明,设备的能效提高了5%,物料的传输时间缩短了8秒,能源的消耗减少了15kWh,系统的吞吐量增加了5任务/小时。通过采取这些节能措施,不但有效地减少了建筑物能源消耗,而且对今后建筑节能改造具有可行性借鉴意义。节能改造工作的顺利开展,为绿色建筑、智能建筑的深入普及提供强有力的支撑。

**[关键词]** 节能改造; 建筑能效; 仿真模型; 智能控制

**中图分类号:** TE08 **文献标识码:** A

## Energy consumption simulation and energy-saving renovation evaluation of large public buildings

Sheng Jia<sup>1</sup> Juan Fang<sup>2</sup>

1 Shanghai Rongjia Real Estate Development Co., Ltd.

2 Shanghai Mengfu Construction Engineering Technology Co., Ltd

**[Abstract]** With the increasing energy consumption, the energy efficiency problem of large public buildings has become an urgent problem. Based on the simulation model, the current situation of building energy consumption is evaluated, and relevant energy-saving renovation schemes are proposed. The use of inverter air conditioning, LED lighting and intelligent control system energy-saving technology has significantly improved the energy efficiency of buildings. The simulated data showed that the energy efficiency of the equipment was improved by 5%, the material transfer time was reduced by 8 seconds, the energy consumption was reduced by 15kWh, and the throughput of the system was increased by 5 tasks/hour. By adopting these energy-saving measures, it not only effectively reduces the energy consumption of buildings, but also has feasible reference significance for future energy-saving renovation of buildings. The smooth development of energy-saving renovation work provides strong support for the in-depth popularization of green buildings and intelligent buildings.

**[Key words]** energy-saving transformation; building energy efficiency; simulation model; Intelligent control

## 引言

在全球能源危机日益严重以及人们环保意识不断增强的背景下,建筑行业能源消耗问题受到人们的普遍重视。大型公共建筑是能源消耗的一大源头,具有很大的节能潜力。提高建筑能效既降低运营成本又减少对环境造成的不利影响,促进绿色建筑发展。本文针对大型公共建筑能耗进行仿真模拟和节能改造效果评价,并在智能控制技术基础上提出节能改造方案。本研究旨在通过既有建筑能效分析及优化,为建筑节能改造工作提供科学依据及技术支持,以促进建筑整体能效及环境友好性的提高。

## 1 大型公共建筑能耗概况

### 1.1 建筑类型与能耗特点

大型公共建筑能耗特点与建筑类型紧密相连。政府办公楼、商业中心、医院、学校及博物馆等各类建筑在能耗结构及消耗模式上存在明显区别。办公楼与商业建筑中的能耗主要来源于空调、照明、电梯与信息设备等,医院类建筑因全天候运行,能耗表现出持续性峰值,特别是空调,照明与医疗设备的使用过程中耗费较大。学校的建筑能耗大多集中在上课时间内,导致能源消耗存在较大的波动。建筑的外观、窗户以及墙壁的隔热特性对空调和供暖的能量消耗有直接的影响,以博物馆、会展中心为

例,这类建筑因其活动密集、能耗波动较大的特点,在活动过程中对电力的需求急剧上升<sup>[1]</sup>。

### 1.2 能耗现状与挑战

当前大型公共建筑一般都面临能耗水平居高不下的问题,特别是老旧建筑对能源的浪费问题尤为突出。空调、照明和供暖能效不高,造成能源消耗大。就空调系统而言,许多建筑对空调的控制不够准确,运行时间过长造成了能源的极大浪费。照明系统没有能够实现智能化的调整,还会在无效时段耗费大量的电力。建筑外立面保温性能较差,增加空调及供暖系统负担。设备老化、维修不到位,管理滞后等问题也是能效低下的因素,很多建筑设施经过长期运行、效率降低、能耗上升。许多建筑没有对能源进行实时管理与智能控制,没有及时对能源使用策略进行调整,导致能源在高峰期浪费严重。解决上述问题需要强化建筑能源管理、提高设备效率、引进智能控制技术、动态调节优化能源消耗<sup>[2]</sup>。

## 2 主要影响因素与节能关键措施

### 2.1 主要影响因素

大型公共建筑能耗受多重因素影响,建筑设计和结构起着至关重要的作用。建筑外立面、窗户密封性、墙体保温性直接决定热能损失及供暖制冷需求。陈旧建筑窗户、墙体一般都没有采取有效隔热措施,造成热量交换频繁、能耗加大。建筑功能与使用强度对能耗亦有显著影响。不同种类建筑对用能的要求是不一样的,医院一般都是全天候工作的,需求大而且连续;学校能源消耗以上课时间为主且波动大;在工作时段内,商业办公大楼出现了显著的能源高峰期。设备和设施能效水平也是决定因素之一<sup>[3]</sup>。建筑内空调,照明和电梯如果没有智能控制或者老化,都会造成巨大能源浪费。许多建筑物在运营时没有对能源实施有效管理与监测,造成能源消耗过高。外部环境变化特别是温度波动,季节性需求以及人员流动等因素也影响了建筑物能源需求,特别是极端气候条件导致建筑物能耗激增<sup>[4]</sup>。

### 2.2 节能关键措施

为减少大型公共建筑能耗,需要采用系统化节能措施对其能效进行优化。在建筑设计中,使用高效隔热材料,双层玻璃窗以及做好外墙保温设计等措施,能够有效地降低建筑热负荷,从根本上减轻空调及供暖系统负担。借助建筑自动化系统(BAS),能够对照明、空调和电梯等关键设备实施集中式的管理。该系统基于实时数据对温度、湿度以及照明亮度进行调整,保证了能源只在必要的时候才会被利用,以免消耗过多。定期对设备进行检测与更新也是重点,尤其对于老旧建筑而言,对老化设备进行及时替换显著提升运行效率。应用可再生能源也是其中一项重要举措,使用可再生能源如太阳能和电池储能等来给建筑供电,降低对传统能源依赖程度。实时监控实时监控系统实时监控建筑内部用能情况,辅助管理人员确定用能浪费环节并依据用能需求动态调节<sup>[5]</sup>。

## 3 能耗模拟分析方法

### 3.1 仿真模型构建

为对大型公共建筑的能源消耗进行准确评估并给出改进建议,研究选择了结合离散事件仿真(DES)和系统动力学(SD)的能

源消耗模拟模型。模型考虑建筑功能,设备运行状态和气候变化等多因素对建筑能耗过程进行仿真。为了评估建筑的能效,采用了四个核心指标:(1)物料传输时间(T),也就是建筑内部的空调、供暖和通风系统所消耗的能源时间;设备能效(E),表示建筑中各项设备的能效水平;能源消耗量(C)是指建筑在单位时间内所耗用的总能量;系统吞吐量(Q)是系统单位时间能量使用效率的量度。这些建议的指标不只是为了监测建筑在正常工作时的能源消耗,还能预测在各种情境下能耗的波动。通过构建该综合仿真模型有效地对建筑能效进行仿真与评价,为建筑管理与节能措施提供决策支持。

### 3.2 数值模拟参数设置

在数值模拟过程中,为确保结果的科学性与可比性,文章对建筑能效的四个核心指标进行了参数化设定。设备能效采用输入输出比率表示,即

$$E = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$$

其中 $E_{out}$ 为设备有效能量输出, $E_{in}$ 为设备总能量输入,该指标用于评价设备运行效率。物料传输时间定义为

$$T = \frac{L}{v}$$

其中L为传输路径长度,v为平均传输速度,用于衡量建筑内部空调、通风等系统运行的效率。能源消耗量通过功率积分计算,表达式为

$$C = \int_0^t P(\tau) d\tau$$

其中P $\tau$ 表示时刻 $\tau$ 的瞬时功率,该指标能够全面反映建筑在运行周期内的能耗水平。最后,系统吞吐量表示单位时间内完成的任务数量,其计算公式为

$$Q = \frac{N}{t}$$

其中N为在时间t内完成的任务数,用于衡量系统的整体能量利用效率。通过上述参数设定,能够保证模拟模型在多种运行场景下对能效表现进行量化分析,并为后续节能策略优化提供可靠依据。

## 4 关键节能施工技术

### 4.1 围护结构节能技术

围护结构在建筑能效中起着举足轻重的作用,围护结构的设计与建造直接决定着建筑物热能损失与能源消耗。通过使用高性能隔热材料、围护结构可有效地减少建筑物内外热量交换以减轻空调、供暖系统负担。如外墙、屋顶等使用高效保温材料及外保温技术可显著降低热损失并改善建筑保温性能。而窗户是围护结构中的有机组成部分,它的能效对于建筑节能效果具有重要意义。设置低辐射玻璃以及气密性窗框既有效地隔绝热量流失又有效地降低外界温度变化给室内温度带来的影响。窗墙比优化设计是提升围护结构节能效果的有效途径,合理的窗

墙比可有效降低外部气候对室内温度的影响，减轻空调及供暖系统工作负担。围护结构气密性对提高能效也很重要，使用高性能密封材料降低空气渗透以避免热量损失。

#### 4.2 暖通空调系统节能技术

暖通空调系统（HVAC）在建筑行业中占据了主要的能源消耗份额，采用其节能技术能够显著减少建筑的总体能源使用。变频空调系统（VAV）被认为是提高HVAC系统能效的关键技术手段。变频空调根据建筑内部实际需要，对空气流量及温度进行调节，并通过调节压缩机转速及空气流量来避免传动系统中能源浪费。智能控制系统成了提高HVAC系统节能性能的另一个核心技术。该系统通过对室内温度、湿度和人员数量进行实时监控，对空调工作状态进行动态调节，避免制冷过多或者升温过多，保证能效最大化。

#### 4.3 照明系统节能技术

照明系统在建筑能耗中占有很大比重，利用节能技术显著减少建筑能源消耗。LED照明，作为当前最具节能潜力的照明技术，其能效比传统的灯具高出超过50%，并且具有更长的使用寿命，减少维护的频率和更换的成本。该LED灯具具有亮度调节功能，使得亮度更具有灵活性，能够根据环境光线的改变及使用要求进行调节，避免了因过度照明而造成能源浪费。引入智能照明控制系统，进一步提高照明系统节能效果。该系统通过设置光感应器及运动传感器可根据自然光的强弱及人员的活动状态对室内照明亮度进行自动调整。合理的照明设计也是一项重要的节能措施，通过灯具的优化布置以及选择适当的照明方式来保证照明仅为所需地区服务，以免造成能源浪费。

### 5 节能改造实施效果评估

#### 5.1 现场监测数据分析

根据仿真结果和现场监测数据，我们在不同时间段收集了建筑能效的关键数据，涉及四个主要指标：设备能效、物料传输时间、能源消耗量和系统吞吐量。以下是某一时间段的监测数据：

表1 现场监测数据分析图

时间(小时)	设备能效(%)	物料传输时间(秒)	能源消耗量(kWh)	系统吞吐量(任务/小时)
1	85	50	120	30
2	88	45	115	33
3	90	42	110	35
4	87	48	125	32
5	86	50	122	31

#### 5.2 实施效果评价

从现场监测数据中可清楚地看出节能改造后的执行情况。在1小时至5小时的监测周期内，设备的能效逐渐得到提升，从原先的85%增长至90%。这一改变说明，该装置运行效率已得到有效提高。与此同时，物料的传输时间有了明显的缩短，从原先的50秒减少到了42秒，这表明建筑内部的能效调度已经得到了优化。能源消耗量也相应减少，由原来的120 kWh降至110kWh，表明节能改造后能源消耗得到了有效地降低。系统的吞吐量增长也体现了节能措施的成效，从30任务/小时提升到35任务/小时，这表明建筑在单位时间内的能效得到了优化。

### 6 结论

通过本次研究仿真分析和实际监测数据证明节能改造措施对大型公共建筑的改造效果。改造后建筑物，设备能效增加，能源消耗显著降低，系统吞吐量显著增加。这说明应用变频空调，LED照明以及智能控制系统不仅显著减少建筑能源消耗，而且增强系统灵活性与舒适性。通过合理设计，智能化管理等措施，优化建筑能效，降低成本，同时有利于促进绿色建筑及可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]李莲花.绿色建筑材料在大型公共建筑中的综合应用分析[J].城市开发,2025,(11):90-92.
- [2]汤民,王言,徐子涵,等.大型公共建筑超低能耗动态评价指标体系研究[J].建设科技,2024,(17):29-34.
- [3]董洁,米增,顾雅珍,等.基于GPRS无线传输大型公共建筑能耗监测方法[J].计算机仿真,2024,41(03):482-486.
- [4]司圣生.大型公共建筑电气设备能耗预测方法研究[J].中国建筑金属结构,2022,(04):28-29.
- [5]卞守国.大型公共建筑能耗监控系统解析[J].住宅与房地产,2021,(35):65-68.

#### 作者简介:

贾盛(1984—),男,汉族,山东青岛人,融信中国沪苏区域城市总经理,研究方向:地产项目管理数字化、低碳化创新实践。

方娟(1984—),女,汉族,山东青岛人,运营经理,研究方向:地产项目管理创新实践。