

文章编号: 1671-6612 (2022) 02-263-06

# 夏热冬冷地区办公建筑能耗指标特征研究

敬丽君 王 军

(四川大学建筑与环境学院 成都 610065)

**【摘要】** 目前建筑能耗大约占我国社会总能耗的27.4%，其中公共建筑每年耗电量约占全国城镇耗电总量的22%，因此公共建筑具有巨大的节能潜力。同时，随着我国不同地区的气候差异以及公共建筑节能策略的不同，公共建筑能耗指标存在显著的地域差异，即使是同一气候区不同城市能耗指标也存在差异，由此造成对公共建筑能耗指标现状和规律在认识上的不全面，从而使得公共建筑节能改造和管理重点不容易抓准。为此，通过对上海、长沙、成都地区的多栋办公建筑用电能耗数据进行调研与统计，并基于指标体系以及夏热冬冷地区气候特点对办公建筑年度总电耗情况、逐月电耗情况、电耗拆分情况进行了分析，得到了该气候区办公建筑的电耗水平与特征。基于此，从建筑能耗管理、能耗设备、人员行为三个方面提出了办公建筑的节能策略建议，为该气候区办公类建筑的节能改造和管理提供了指导和数据支撑。

**【关键词】** 夏热冬冷地区；办公建筑；耗电量；节能

中图分类号 TU834 文献标识码 A

## A Study on the Characteristics of Energy Consumption Index of Office Buildings Hot-summer and Cold-winter Zone

Jing Lijun Wang Jun

(College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu, 610065)

**【Abstract】** At present, building energy consumption accounts for about 27.4% of the total energy consumption in China, and the annual electricity consumption of public buildings accounts for about 22% of the total electricity consumption in China's cities and towns. Therefore, public buildings have great energy saving potential. At the same time, with the climate difference in different regions of China and the difference of energy saving strategies of public buildings, there are significant regional differences in energy consumption indicators of public buildings, even in the same climate zone, there are differences in energy consumption indicators of different cities, which leads to the incomplete understanding of the current situation and law of energy consumption indicators of public buildings. As a result, it is not easy to grasp the focus of energy saving transformation and management of public buildings. For this reason, this article through to Shanghai, changsha, chengdu area of many office building energy consumption data of investigation and statistics, and based on the index system and the hot summer and cold winter region climate characteristic of the total power consumption of the office building situation, the power consumption situation, this article analyzes the power split from month to month, got the climate area power consumption level and characteristics of the office building. Based on this, this paper puts forward suggestions on energy saving strategies for office buildings from three aspects of building energy consumption management, energy consumption equipment and personnel behavior, providing guidance and data support for energy

资助项目: 中国公共建筑能效提升项目 (CS-20); 四川省科技计划项目 (2020YFN0016)

作者简介: 敬丽君 (1998.2-), 女, 在读硕士研究生, 助理研究员, E-mail: jingljun@stu.scu.edu.cn

通讯作者: 王 军 (1983.5-), 男, 博士, 副教授, E-mail: wangjunhvac@163.com

收稿日期: 2021-07-01

saving transformation and management of office buildings in this climate zone.

【Keywords】 hot in summer and cold in winter; Office buildings; Power consumption; Energy saving

## 0 前言

目前,我国建筑能耗占全社会总能耗的 27.4%,其中公共建筑总面积仅占建筑面积的 5%~6%,但其单位面积年耗电量达到 70~300kWh,是普通居民住宅的 10~20 倍<sup>[1]</sup>,因此公共建筑具有巨大的节能潜力,而对公共建筑能耗影响因素的研究是实现公共建筑节能的基础工作。

近年来,诸多学者开展了对公共建筑能耗影响因素的研究,管伶俐<sup>[1]</sup>和贺杰<sup>[3]</sup>采用 DeST 软件模拟以全年累计热负荷指标与累计冷负荷指标为能耗指标,对影响办公建筑能耗的因素进行了逐一的分析研究。但软件模拟所得到的建筑能耗并没有考虑到行为因素的影响,因此并不能全面的分析建筑能耗的影响因素。刘菁<sup>[1]</sup>基于建筑的实际情况,从外部气象条件、建筑自身情况和建筑使用情况三个方面分析了办公建筑能耗。那威<sup>[4]</sup> Error! Reference source not found.从建筑形态、建筑围护结构热工性能、建筑用能设备、建筑外形尺寸、气象参数、建筑人员使用六个主成分分析了公共建筑能耗。但以上的研究建筑是全国范围内的公共建筑,我国幅员辽阔,公共建筑能耗指标存在显著的地域差异,从而导致对公共建筑能耗指标现状和规律在认识上的不全面,使得公共建筑节能改造和管理不能精准的开展。谈雪<sup>[6]</sup>从建筑类型、季节、用能行为角度对夏热冬冷地区文化教育类建筑能耗影响因素进行了分析,夏麟<sup>[7]</sup>从空调和供暖实际运行能耗和室内热舒适度两方面评估研究了上海某办公建筑能耗,冯闻<sup>[8]</sup>重点总结了办公建筑照明与插座和空调系统的用能特点和能耗影响因素。可以看到,已有的关于夏热冬冷地区公共建筑能耗研究仅聚焦于某一个城市,但其实即使是同一气候区不同城市能耗也存在明显的差异,导致特征影响因素考虑并不全面。

为此,本文将通过对上海、长沙、成都的多栋办公建筑能耗数据进行详细的调研与统计,并基于指标体系以及夏热冬冷地区气候特点对办公类建筑年度能耗情况、逐月能耗情况、能耗拆分情况进行分析,由此获得季节因素、人为因素对办公类建筑能耗指标特征的影响。并在此基础上,从建筑能耗管理、能耗设备、人员行为三个方面提出办公建

筑的节能策略建议。

## 1 研究对象

### 1.1 研究区域概况

夏热冬冷地区主要是指长江中下游及其周围地区,该地区的范围大致为陇海线以南,南岭以北,四川盆地以东。上海、长沙、成都是中国夏热冬冷地区的典型城市。夏热冬冷气候具有夏季闷热、冬季湿冷,气温日较差小;年降水量大;日照偏少等特点<sup>[9]</sup>。

### 1.2 数据统计

公共建筑能耗数据统计的主要内容包括公共建筑的基本信息以及建筑在使用过程中的能源消耗量。本文首先综合行政主管部门、物业管理部门、档案管理部门等多方面的资料对长沙、成都、上海地区办公类建筑的基本信息进行了调查,包括建筑物详细名称、建筑详细地址、竣工时间、建筑类型、建筑功能、建筑层数、建筑面积、能源系统形式。然后与上海相关建筑物业管理部门沟通,获取了整栋建筑逐月、逐时电耗、抄总表获得整栋样本建筑的能耗数据,筛选夏热冬冷地区范围内部分地市上报至住建部民用建筑能耗统计报表中办公类公共建筑能耗数据,从已发表的报告与文献中获取了成都、长沙的办公类建筑的能耗数据。

## 2 典型因素影响下的能耗指标特征

### 2.1 能耗分析

办公建筑能耗种类主要有电、天然气、柴油等,具体的用能设施有空调、照明、设备、电梯和特殊系统用能。本文调研的上海、长沙、成都多栋办公建筑能耗如表 1 所示,建筑面积耗电量范围为 50.09~107.74kWh/(m<sup>2</sup>·a),建筑单位面积年耗电量为 75.57kWh/(m<sup>2</sup>·a)。最大建筑单位面积年平均耗电量是最小耗电量的 2.2 倍。《民用建筑能耗标准》GB/T51161-2016 规定,办公室非供暖能耗指标约束值为 80kWh/(m<sup>2</sup>·a),本次调研中有 7 栋样本建筑能耗高于规定值,8 栋样本建筑低于规定值,说明该类建筑节能潜力有待进一步挖掘。

表 1 办公建筑能耗调研结果

Table 1 Survey results of energy consumption of office buildings

建筑名称	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	单位建筑面积能耗 (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
ZXDS	16034.8	58.78
DFGJDS	49650	51.59
GJMYZX	92518	68.29
HMHZGJ	150868	73.86
SYJR	23697.3	82.84
LZMY	91031	64.16
WJGC	38472	93.36
XFGZX	72980	107.74
LYGJ	45302	89.63
HLDS	30068	99.61
YGSW	32349	81.55
CFSD	52070	69.19
GCGC	83640	50.09
CSBGL	36002	89.72
CDBGL	9800	52.59

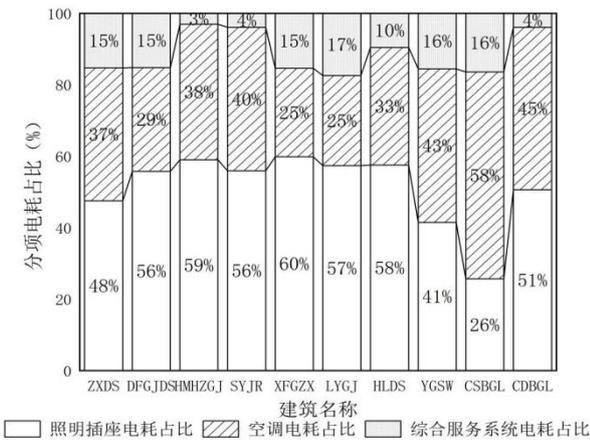


图 1 夏热冬冷地区办公建筑分项电耗

Fig.1 Power consumption of office buildings in hot summer and cold winter

办公建筑用电主要是由空调、照明、办公、动力设备用电和特殊系统用电构成,为进一步分析办公建筑能耗构成,进一步调研了其中 10 栋办公建筑的分项电耗,将电耗拆分为空调系统、照明插座、综合服务系统三类,如图 1 所示。从图可见,空调与照明插座电耗在办公建筑中占总能耗的

83%~97%,其中照明插座电耗比重 26%~60%,空调系统电耗比重 25%~58%,综合服务系统电耗比重仅 4%~17%。办公类建筑除了照明要求之外,办公设备插座用电也较多,因此照明插座电耗比重较大,而其中位于长沙的 CSBGL 空调系统电耗占比高于照明插座占比,这与长沙当地的气候特点有关,长沙夏季平均最高温可达到 32℃,上海夏季平均最高温为 31℃,成都夏季平均最高温为 30℃。相比其他夏热冬冷地区,长沙夏季更热,因此空调电耗占比更高。

2.2 季节因素

夏热冬冷地区夏季闷热、冬季湿冷,有明显的空调季与供暖季,本次调研的 15 栋办公建筑全年单位建筑面积空调系统电耗范围为 10.84~51.98kWh/(m<sup>2</sup>·a),其平均值为 25.77kWh/(m<sup>2</sup>·a),最大建筑单位面积空调系统耗电量是最小耗电量的 4.8 倍。为进一步分析办公建筑空调系统能耗是否受季节因素影响,调研了其中 10 栋办公建筑的逐月空调电耗,整理如图 2 所示。夏热冬冷地区空调季划分<sup>[10]</sup>见表 2。由图可见空调电耗具有明显的季节性特征,用电高峰期出现在 1、2、7、8、12 月份,即供暖季与空调季期间,空调采暖与制冷负荷需求增大,导致用电量增加。

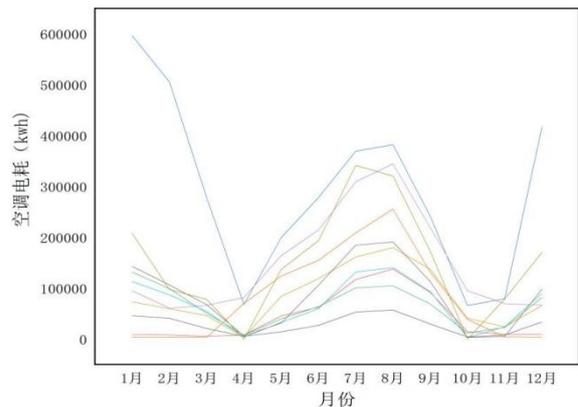


图 2 夏热冬冷地区办公建筑空调系统逐月电耗

Fig.2 Monthly power consumption of office building air conditioning system in hot summer and cold winter

表 2 夏热冬冷地区空调季划分

Table 2 Seasonal division of air conditioning in hot summer and cold winter areas

供暖季节	通风季节	除湿季节	空调季节	通风季节
12,1,2 月	3,4 月	5,6 月	7,8 月	9,10,11 月

选取三栋各个城市典型城市的单位建筑面积空调电耗如图 3 所示,进一步分析空调电耗在夏热冬冷地区不同城市的空调电耗是否有差别。由图可见,三座城市在通风过渡季节空调电耗都有明显的减少。进一步计算出不同季节三栋建筑该分项用电量平均值,供暖季三栋建筑单位建筑面积空调电耗分别为 3.22kWh/m<sup>2</sup>, 4.41kWh/m<sup>2</sup>, 1.57kWh/m<sup>2</sup>, 过渡季该分项建筑单位建筑面积电耗分别为 1.15kWh/m<sup>2</sup>, 1.41kWh/m<sup>2</sup>, 1.03kWh/m<sup>2</sup>, 空调季该分项建筑单位建筑面积电耗分别为 4.53kWh/m<sup>2</sup>, 9.2kWh/m<sup>2</sup>, 5.07kWh/m<sup>2</sup>, 由此可见夏热冬冷地区办公建筑空调供冷季系统电耗高于供暖季该分项电耗。其中长沙地区空调季电耗相较其余两个地区更高,这是因为长沙的气候条件相较于另两个地区,夏季更炎热一点,因此空调季的单位建筑面积电耗更高,而成都的冬季相较于另两个地区更暖和一点,因此供暖季成都的单位建筑面积电耗较低。

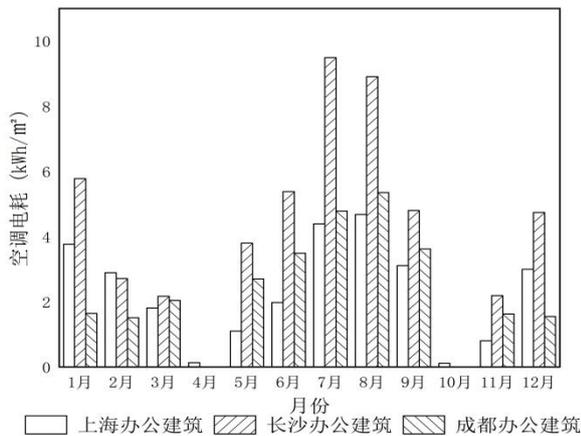


图 3 不同城市办公建筑空调系统逐月电耗

Fig.3 Monthly power consumption of office building air-conditioning system in different cities

相比空调电耗明显的季节性特征,同样三栋建筑的照明与插座设备用电量如图 4 所示,进一步计算出不同季节三栋建筑该分项用电量平均值,供暖季三栋建筑单位建筑面积照明插座电耗分别为 4.50kWh/m<sup>2</sup>, 3.54kWh/m<sup>2</sup>, 1.76kWh/m<sup>2</sup>, 过渡季该分项建筑单位建筑面积电耗分别为 4.08kWh/m<sup>2</sup>, 3.18kWh/m<sup>2</sup>, 1.57kWh/m<sup>2</sup>, 空调季该分项建筑单位建筑面积电耗分别为 5.02kWh/m<sup>2</sup>, 3.55kWh/m<sup>2</sup>, 1.57kWh/m<sup>2</sup>, 排除 2 月与 10 月节假日因素影响,照明与插座系统用电分项在供暖季、制冷季及过度季节用电量波动不大,说明照明与插座系统用电随

季节变化的特征不显著。其中上海照明插座电耗相较另外两个城市较高,而成都该项电耗相对较低。

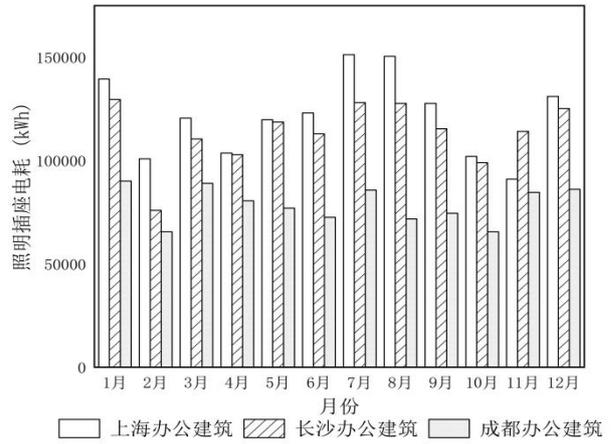
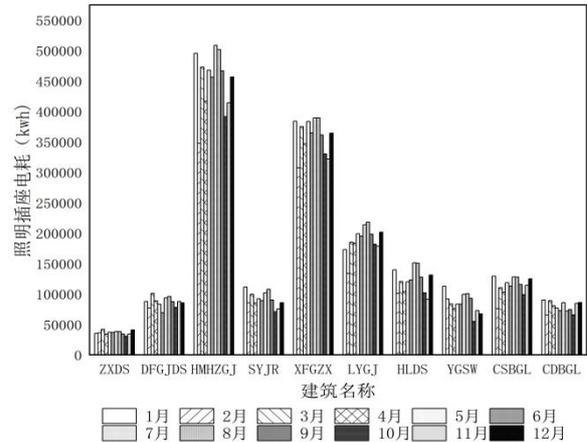


图 4 三栋办公楼照明插座系统逐月电耗

Fig.4 Monthly power consumption of lighting socket system in three office buildings

### 2.3 行为因素



注: 每个建筑中从左到右每个柱体依次对应 1 月, 2 月, 3 月, ..., 12 月。

图 5 夏热冬冷地区办公建筑照明插座系统逐月电耗

Fig.5 Monthly power consumption of office building lighting socket system in hot summer and cold winter area

建筑能耗与用户行为息息相关,相较于其他类型公共建筑,办公建筑人流量较为稳定,有较固定的运行时间,照明插座电耗没有明显的季节性特征,但在 2 月与 10 月会有明显的降低,为进一步分析影响照明插座电耗的因素,将所调研的办公建筑照明插座系统逐月电耗整理如图 5,本次调研的办公建筑全年单位建筑面积照明插座系统电耗范围为 20.82~75.35kWh/(m<sup>2</sup>·a), 其平均值为 40.01kWh/(m<sup>2</sup>·a),最大建筑单位面积空调系统耗电

量是最小耗电量的 3.6 倍。由图可见, 无论是哪个城市的办公建筑电耗月分布没有明显特征, 但在 2 月与 10 月都有不同幅度的降低, 这是因为 2 月处于春节假期, 用电设备大多不开启, 同样因为 10 月份有国庆小长假用能人数显著减少从而导致这两个月照明插座电耗降低。

除了节假日期间外, 办公类建筑人员周一到周五为正常的工作日, 周六周日双休, 为进一步分析建筑用户行为对建筑能耗的影响, 从工作日与非工作日角度出发, 取夏季典型工作日与非工作日电耗数据绘制逐日能耗如图 6 所示。从图中可看出, 星期一到星期五为工作日, 相应的电耗较高, 星期六与星期天电耗值较低。而在周末, 因为办公建筑存在双休日人员加班的不定因素导致有设备运行, 再加上机房不断电运行, 使得非工作日仍然有电耗。

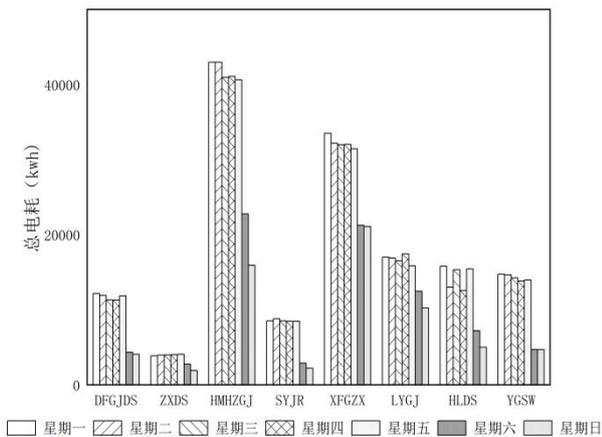


图 6 夏热冬冷地区办公建筑夏季典型周逐日电耗

Fig.6 Hot summer cold winter typical weekly daily power consumption of office buildings in summer

办公建筑用户有着固定的工作时间与下班时间, 进一步选取典型工作日电耗数据绘制逐时电耗如图 7 所示。由图 7 可见, 6:00-9:00 陆续有人上班, 这个阶段用户逐渐到达办公楼, 设备、空调投入使用, 电耗逐渐增加。9:00-17:00 为稳定的工作时间, 用户人数稳定, 电耗也基本趋于稳定。17:00-22:00 为陆续下班时间, 用户逐渐离开公司, 能耗在此阶段逐渐下降。22:00-6:00 为夜间时段, 基本没有用户活动, 电耗稳定在一个较低的状态。

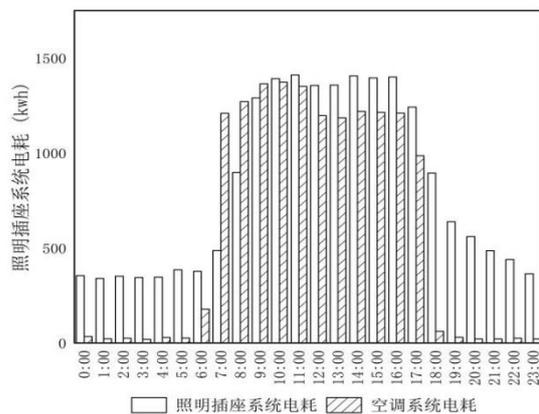


图 7 夏热冬冷地区某办公建筑夏季工作日逐时电耗

Fig.7 Hourly power consumption of an office building in summer working days in hot summer and cold winter area

#### 2.4 节能策略讨论

通过对夏热冬冷地区办公建筑能耗调研, 分析了该气候区办公建筑能耗特征, 由此挖掘其节能潜力, 并从建筑能耗管理、能耗设备、人员行为三个方面得到节能策略。

(1) 加强设备管理与维护。如今既有和新建办公建筑普遍配备了 BA 控制系统, BA 系统对建筑能耗都有较为完整的运行记录, 可以通过该记录从而获得能耗指标。但在调研中发现 BA 系统的运行水平并不高, 甚至有些建筑的 BA 系统没有投入使用。程大章<sup>[10]</sup>发现只有 30% 的 BA 系统部分运行, 50% 的 BA 系统没有投入使用, 运行良好的仅有 20%。因此加强对设备的维护与管理是办公建筑节能的关键之一, 加强能耗监测, 做好能耗审计工作, 定期维护空调、照明等能耗系统。

(2) 采取合理的节能技术。照明插座系统与空调系统能耗在办公建筑能耗中占比最大, 空调系统能耗有极明显的季节性特征, 应根据夏热冬冷地区气候特点, 对空调系统进行节能改造, 合理利用太阳能、地热能等可再生能源。而对于像成都太阳能资源欠丰富地区可以增加对废热的回收。对于照明系统的节能, 应充分利用自然采光, 在公共区域引入导光系统, 不仅能降低照明分项能耗, 还能营造更良好的光环境。同时, 可以采用分区分时照明、在节假日关闭一些灯具。对于必须要满足照度的办公区域, 可以采用节能灯具。

(3) 提高用户行为节能意识。办公建筑中用户对能耗的影响巨大。在调研中发现, 存在空

调和门窗同时打开、人走不关灯、办公设备持续开启的情况。因此,应加强用户节能意识普及,培养行为节能习惯。

### 3 结论

本文通过对夏热冬冷地区办公类建筑能耗调研和指标特征分析,可以得到以下结论:

(1) 本次调研的夏热冬冷地区十五栋办公建筑筑面积耗电量范围为 50.09~120.62kWh/(m<sup>2</sup>·a), 建筑单位面积年平均耗电量为 76.93kWh/(m<sup>2</sup>·a); 全年单位建筑面积空调系统电耗范围为 10.84~51.98kWh/(m<sup>2</sup>·a), 其平均值为 25.77kWh/(m<sup>2</sup>·a); 全年单位建筑面积照明插座系统电耗范围为 20.82~75.35kWh/(m<sup>2</sup>·a), 其平均值为 40.01kWh/(m<sup>2</sup>·a)。

(2) 夏热冬冷地区的办公建筑能耗主要由空调能耗、照明插座能耗、综合服务系统能耗组成,其中空调能耗和照明插座能耗占比高达 83%~97%,其中成都与上海照明插座系统能耗占比最大,而长沙空调系统能耗占比最大。

(3) 夏热冬冷地区办公建筑空调系统能耗有明显的季节性特征,夏热冬冷地区夏季供冷季能耗略高于冬季供暖季,长沙空调季单位建筑面积空调系统能耗最高,成都供暖季该分项单位建筑面积能耗最低。

(4) 照明插座系统能耗在不同季节基本不变,但受用户行为因素影响较大。

### 参考文献:

- [1] 清华大学建筑节能研究中心.中国建筑节能 2008 年度发展研究报告[R].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [2] 周思童,沈意,孙奇,等.基于 DeST-C 对武汉地区办公建筑能耗影响因素的研究[J].中国科技信息,2019,(17):70-72.
- [3] 贺杰,李晓冬.成都市某商业综合体空调能耗及节能分析[J].制冷与空调,2017,(6):48-52
- [4] 刘菁,王芳.办公建筑能耗影响因素与数据标准化分析[J].暖通空调,2017,47(5):83-88,14.
- [5] 那威,王明明.基于主成分分析的公共建筑能耗影响因素研究[J].建设科技,2021,(8):33-37.
- [6] 谈雪,郭强,许建.夏热冬冷地区某高校典型建筑用能特征与用能行为影响分析[J].南京理工大学学报,2019,43,(1):101-114.
- [7] 夏麟,刘剑,喻伟,等.基于空调系统能耗限额控制的上海某办公建筑运行效果分析研究[J].暖通空调,2020,50(5):26-33.
- [8] 冯闻,王艺蕾,豆晨昊.上海某办公建筑能耗影响因素探究以及节能分析[J].制冷与空调,2021,35(1):88-94.
- [9] GB 50176-2016,民用建筑热工设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [10] 丁艳蕊,付祥钊.夏热冬冷地区城市暖通空调季节划分[J].暖通空调,2020,50(8):59-64.
- [11] 程大章,沈晔.绿色建筑与 BA 系统[J].现代建筑电气,2016,7(9):38-43.