

上海市既有办公建筑节能改造适用技术研究

同济大学 李玉明 潘毅群

江森自控能源部 陈晨

本文介绍了适用于上海市既有办公建筑节能改造的各项技术措施,包括围护结构、空调系统和照明系统等方面。然后建立上海地区既有办公建筑的典型建筑模型(prototypical building model),将各项节能改造技术措施应用于典型模型,模拟计算各项技术的全年能耗节省,并进行投资回收分析,以研究比较各项节能措施的应用效果。

上海市属于能源短缺型城市,能源问题已成为经济高速发展的重大制约和首要问题,因此建筑节能工作十分紧迫。既有办公建筑随着建筑寿命周期的推进,建筑性能不断衰减,能耗不断上升,增加能耗总量。因此,既有办公建筑节能改造有利于大幅度降低城市的运作成本,对上海市建设“资源节约型、环境友好型”城市具有十分重要的现实意义。

上海市既有办公建筑节能改造适用技术

在办公建筑的全年能耗中,大约有50%~60%消耗于空调制冷与采暖系统,20%~30%用于照明。而在空调采暖能耗中,对于夏热冬冷地区,大约35%由外围护结构传热所消耗。因此,这些建筑在围护结构、采暖空调系统及照明方面,有着很大的节能潜力。

建筑围护结构节能改造一般有外墙保温、更换高性能玻璃、增设外遮阳、屋顶保温等。

空调系统的能耗主要有两个方面,一方面是为了供给空气处理设备冷量和热量的冷热源消耗,如压缩式制冷机耗电,吸收式制冷机耗蒸汽或燃气,锅炉耗煤、燃油、燃气或电等;另一方面是为了给房间送风和输送空调循环水,风机和水泵所消耗的电能。故空调节能的技术措施有:降低冷却水进水温度、提高冷冻水出水温度、采用变风量系统、使用变频水泵、冷却塔免费供冷技术、过渡季节充分利用天然冷源——室外新风直接供冷。

照明能耗是建筑总能耗中继空调能耗之后占比例最大的部分,节能潜力很大。归纳来说,降低照明能耗的节能措施有使用节能灯、充分利用自然光、加强照明节电的管理。

基于上述既有办公建筑的节能改造措施,有些措施适用于上海地区,有些则不适用。总的来说,适用于上海市的既有办公建筑的节能改造技术有:外墙保温、窗户改造、过渡季节温度重整、变风量

技术、水泵变频、冷却塔免费供冷、过渡季节采用全新风、更换灯具、自然采光技术等。

既有办公建筑典型模型及节能改造模型的建立

1. 既有办公建筑典型模型的建立

在建立典型模型时参考PROTOTYPICAL COMMERCIAL BUILDINGS FOR 20 URBAN MARKET AREAS,依据上海市商用建筑信息数据库,分析该数据库中95幢建筑(以办公为主)的相关调研资料,确定办公建筑的典型参数(包括建筑几何特征、围护结构特性、分区、室内得热、空调系统类型等)。本文研究对象是上海市的既有办公建筑,地理位置定位在上海。天气参数采用上海的标准气象年数据。能耗费用计算采用上海地区商用能源费率。

办公建筑模型25层,一层层高为6m,二层以上是标准层,层高为4.2m。窗墙比为70%。该建筑模型中心为包括电梯、楼梯等非空调区域的核心筒。一层的周边区为办公楼大堂、银行及便利店、零售商铺;标准层均作办公共用。建筑朝向为正南。

上海市既有办公建筑的墙体材料以烧结普通砖、烧结多孔砖及烧结空心砖为主,故外墙的传热系数设为 1.60 W/m^2 。外窗多采用铝合金窗框,双层白玻加内遮阳,传热系数设为 3.02 W/m^2 ,太

表1 既有办公建筑节能改造措施

方案	具体改造措施
节能措施1	对外墙进行外保温改造,使外墙的传热系数降低至 $0.96 \text{ W/m}^2 \cdot \text{℃}$
节能措施2	用low-e玻璃替换外层的普通白玻,将窗户的隔热性能由 $U=3.02 \text{ W/m}^2 \cdot \text{℃}$ / $\text{SHGC}=0.54$ 改善为 $U=2.14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{℃}$ / $\text{SHGC}=0.45$
节能措施3	将内遮阳更换成外遮阳,内、外遮阳均只在夏季起作用。
综合措施1	综合节能措施1、2、3
节能措施4	在不降低办公区照度的前提下,更换办公区灯具,将照明负荷降低至 12 W/m^2
节能措施5	在方案4的基础上,充分利用自然采光,降低照明负荷
节能措施6	将冷冻水二次泵和热水泵由定流量变为变流量
节能措施7	冷冻水出水温度和锅炉的出水温度随室外温度变化
综合措施2	综合节能措施6、7
综合措施3	综合节能措施1、2、3、4、5、6、7



阳得热系数为0.54。由于在调研没有涉及屋顶相关资料,故在模拟时假设其传热系数为 0.75 W/m^2 。室内负荷参数的设定及各功能区的运行时间根据上海办公建筑的实际运行情况设定。

既有办公建筑典型模型的空调系统是采用上海既有办公建筑中最为常用的风机盘管加新风系统。离心式冷水机组用于夏季供冷,制冷机COP=5.5;燃气锅炉用于冬季供热,锅炉效率80%。夏季供冷设计温度为 24°C ,冬季供热设计温度为 20°C 。

电梯全年耗电量采用估算方法,估计办公建筑的电梯总功率为320kW,根据电梯全年运行时间表估算出其全年电梯总耗电量为511,820kWh,总费用为431,492万元。

新风量根据不同房间用途设置。外区房间漏风率按照 0.2 h^{-1} 计,空调系统开启时,因房间呈正压,漏风率为零。

2. 既有办公建筑节能改造模型的建立

表2 办公建筑各节能措施的全年能耗、费用及静态投资回收期

	一次总能耗(GJ)	减少百分比(%)	总能源费用(万元)	节能效益(万元/年)	节能投资(万元)	静态投资回收期(年)
基本模型	56769		493			
节能措施1	56700	0.1	493	0	46	—
节能措施2	55929	1.5	485	8	457	57.2
节能措施3	56093	1.2	486	7	3	0.44
综合措施1	55225	2.7	478	15	507	33.8
节能措施4	54397	4.2	471	22	24	1.1
节能措施5	50992	10.2	438	55	30	0.54
节能措施6	54110	4.7	470	23	9	0.41
节能措施7	56727	0.1	493	0	0	—
综合措施2	54101	4.7	471	22	9	0.43
综合措施3	45667	19.6	389	546	546	5.25

在典型模型基础上,选取节能措施中的较为可行的技术措施应用到办公建筑典型模型中(表1)。

既有办公建筑能耗及各项措施节能

在办公建筑典型模型的全年耗电量中,占最大份额的是空调系统耗电(包括冷机、水泵、风机和冷却塔),占总耗电量的47%,设备占27%,照明占26%。在空调系统耗电中,冷机的份额最大,其次是水泵,再次是风机和冷却塔。这是因为模型所采用的空调系统是风机盘管系统,水泵要将冷冻水、热水输送到各房间的盘管中,而风机只承担新风的输送,因此水泵的电耗相对较大,占建筑总电耗的14%,而风机的电耗较小,只占总电耗的4%。

通过模拟计算得出各项节能措施的全年能耗、费用;通过询问市场报价及查阅相关资料确定各项节能改造措施的投资费用。

从表4数据可以看出,在的气候条件下,外保温措施对于办公建筑几乎没有什么节能效果。因为办公建筑为间歇空调,内部负荷比较大,且占很大面积的内区需常年供冷,在夏季制冷工况,外保温系统在加强围护结构的保温性能的同时,使得非空调时段室内热量难于散出。同时,外保温措施的改造投资成本非常高,故其回收期很长,远远超出标准回收期,经济性很差。

将双层普通白玻的更换为双层Low-E玻璃,可以显著降低外窗的传热系数和太阳辐射得热系数,减小了全年耗电量,可节省总费用8万元。但是由于Low-E玻璃的改造成本非常高,对于模型建筑,须花费457万元,其静态投资回收期为57.2年,经济性差。

节能措施3外遮阳能显著降低建筑的全年耗电量。由于遮阳系统能减小透光外围护结构的太阳得热,因此,在夏季采用遮阳系统能有效降低建筑冷负荷,从而减小了耗电量。典型模型中采用的是内遮阳系统,节能措施3用外遮阳系统替换了内遮阳,两种遮阳系统开启的时间是一致的。内遮阳只能阻挡太阳直射,改善室内光环境和舒适度,无法减小太阳辐射得热,加设外遮阳系统的节能效果明显。同时外遮阳的改造投资仅需3万元,计算得其回收期限为0.44年,经济性好,是一种很好的节能措施。

综合措施1是将外墙、外窗及遮阳措施一起采用,可节省全年能耗费用15万元,但改造成本过高,经济性不理想。

优化办公区照明全年可节省费用22万元,投资回收期需1.1年;如果在优化办公区照明的基础上,利用自然采光,在自然光能满足室内照度需求时,关闭部分照明灯具,节能效果更显著,全年可节省费用55万元,投资回收期需0.54年。因此,照明系统的节能效果好,而且投资回收期短。

(下转63页)

改造后逐月耗气量

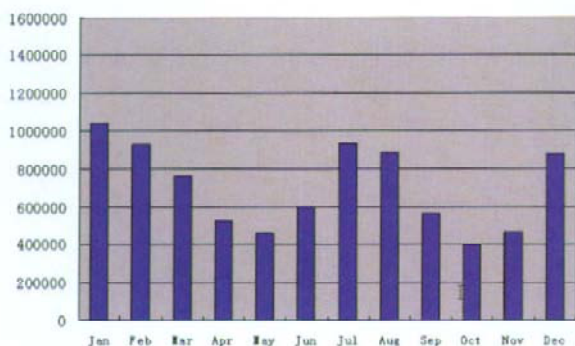


图6 扬子饭店(改造后)逐月耗气量

参照建筑逐月耗气量

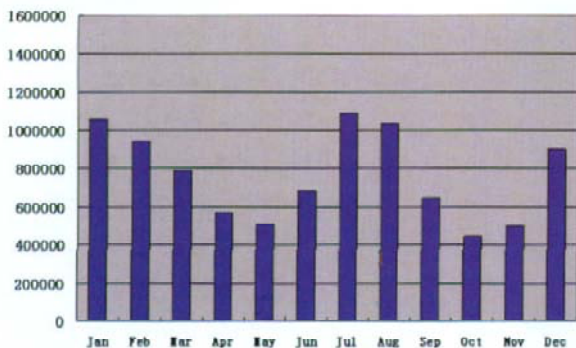


图7 扬子饭店逐月耗气量(参照建筑)

表8 扬子饭店改造前后能耗汇总表

项目	改造前	改造后	标准建筑
年耗电量	413.54	284.65	326.24
年耗气(耗煤)量	253.49	304.54	330.90
总量	667.03	589.19	657.14

注: 建筑用电、用煤及用气能耗统计值均折合为标准煤, 单位: 吨。

造主要包括三个方面:一是建筑物本身节能,即改善围护结构的保温性能,减少围护结构的热损失,降低室内环境的热冷负荷;二是设备节能,即提高建筑物暖通空调系统设备和照明系统设备的效率,减少设备的能耗。三是系统控制节能,即建立或升级楼宇自控系统(Building Automation System, BAS),使建筑实现智能化管理,有效监控建筑内设备系统运转情况。监管暖通空调设备和照明设备,根据建筑的即时使用情况,自动调节用能设备系统的运行状态。

扬子饭店作为上海市优秀历史建筑,建筑的外立面为保护部位,不能改动。改造后,经实测,外墙传热系数为 $1.55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$,不满足《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005)的要求。因此,扬子饭店将节能改造的重点放在了设备、屋面和外窗上,并对建筑内的空调系统进行了智能化的控制,达到了节能50%的目标。通过扬子饭店节能改造项目,可知即使没有对外围护结构进行大刀阔斧的改造,只对内部空调设备、照明设备等进行改造,并运用智能化的手段控制设备运行,依然可以取得不错的节能效益。扬子饭店节能改造项目不仅为今后公共建筑节能改造提供了宝贵的经验,也为优秀历史建筑节能改造起到了借鉴的作用。 C

(上接59页)

使用变频水泵这一节能措施效果比较显著,在对水泵进行变频,降低水泵能耗的同时,也降低了冷机和冷却塔的能耗,全年可节省电费23万元,仅需投资9万元。冷机出水温度和锅炉出水温度随室外温度重整的措施几乎没有什么节能效果。而将这两种措施一起应用,模拟得到的电费节省反而比仅采用变频水泵要少,但回收期0.43年,经济性较好。

如果将上述所有节能措施都应用在该建筑上,则可节省一次能耗19.6%,全年能耗费用节省104万元,需5.25年投资回收期。

结论

本文采用软件EnergyPlus建立了既有办公建筑的典型模型,并将节能措施应用于典型模型进行模拟计算,分析各项改造措施的节能效果,计算各项改造措施的静态投资回收期,分

析其经济性,确定出适用于上海地区既有办公建筑的节能改造措施。

根据以上的分析,可以得出以下结论:

1、从节能效果角度来看,对于办公建筑,更换Low-E玻璃、增设外遮阳系统、降低照明负荷、利用自然采光、水泵变频都是比较有效的节能改造措施;2、从经济性来看,加装外遮阳设施、更换办公灯具、充分利用自然采光及冷冻水二次泵和热水泵变频的投资回收期均较短,具有很好的经济性;而外墙外保温、更换Low-E玻璃和调节冷冻水出水温度和锅炉出水温度的节能效益差,经济性差,不适用于上海地区办公建筑的节能改造。3、采用典型建筑模拟分析各项节能改造措施的节能效果,其准确性很大程度上取决于典型模型的合理性和代表性。而建立典型建筑的基础是大量的调查数据,因此如能对上海商用建筑数据库进行扩充,将会对更具有代表性的典型模型的建立有很大的帮助,也将有利于获得更据说服力的分析结果。 C