

文章编号: 1671-6612 (2008) 06-060-05

上海地区既有办公建筑围护结构节能改造措施研究

李玉明¹ 潘毅群² 陈晨³

(1. 同济大学机械工程学院 上海 200092; 2. 同济大学中德工程学院 上海 200092;
3. 上海市房地产科学研究院 上海 200031)

【摘要】 首先介绍和分析了既有办公建筑围护结构节能改造的适用技术, 主要包括外墙、外窗和屋顶的节能改造技术。然后采用建筑能耗模拟软件 EnergyPlus 建立上海地区既有办公建筑的典型建筑 (prototypical building) 模型, 用该模型模拟计算上海地区既有办公建筑围护结构的各种节能改造措施使冷热负荷的减少量, 从而分析比较这些措施的节能效果。

【关键词】 既有办公建筑; 围护结构; 节能改造措施

中图分类号 TU111.4+1 文献标识码 A

Energy Saving Retrofitting Strategies for Envelope of Existing office buildings in Shanghai

Li Yuming¹ Pan Yiqun² Chen Chen³

(1. School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai, 200092;
2. Sino-German College of Applied Sciences, Tongji University, Shanghai, 200092;
3. Shanghai Real Estate Science Research Institute, Shanghai, 200031)

【Abstract】 This paper firstly introduces and analyzes the feasible energy saving retrofitting technologies for envelope of existing office buildings, mainly about exterior walls, windows and roofs. Then it builds up a prototypical existing office building model using EnergyPlus to simulate and calculate the decrease of cooling and heating loads due to various retrofitting strategies for envelope. The energy saving effects of the strategies are analyzed.

【Keywords】 existing office building; building envelope; energy saving retrofitting strategy

0 引言

随着科学技术的日新月异, 能源短缺已不容忽视, 节约能源受到了世界性的普遍关注。建筑节能是当今人类社会面临的生存与可持续发展的重大问题, 是经济发展的需要、也是减轻大气污染保护生态环境的需要、更是改善建筑热环境的需要。

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。上海市新建的办公建筑都已经按《公共建筑节能设计标准 GB50189—2005》^[1]的要求进行建造。而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。

建筑节能主要包括两个方面: 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; 二是系统节能, 即提高建筑物暖通空调系统的效率, 减少设备的能耗, 充分发挥能量的效应。

目前对既有建筑节能改造的研究包括政策分析、适用技术研究、管理措施等多方面, 寻求最大程度节能的经济性改造方法。Joe Huang, Hashem Akbari, Leo Rainer, and Ron Ritschard 对美国各地区

作者简介: 李玉明 (1977-), 男, 讲师。

收稿日期: 2008-04-29

的既有商业建筑(包括办公建筑、宾馆建筑、学校、医院等)和住宅建筑进行了系统的研究,对建筑进行分类并采用建筑能耗模拟软件 DOE-2 建立了美国 20 个地区的 481 个典型建筑模型(prototypical building model),确定了模型输入所需的各类建筑的典型参数(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),这些典型建筑模型被研究人员用来分析和研究各种节能措施的节能潜力^[2]。国内对于既有建筑节能改造技术的研究刚刚起步。孙金颖、刘长滨分析了既有建筑节能改造过程中技术、管理和政策方面所存在的问题,指出要制定适合不同气候区的技术标准体系,建立科学的建筑节能运行管理制度,寻求各种可利用的融资方式以推进既有建筑的节能改造^[3];徐晨辉强调了既有建筑节能改造必须因地制宜,根据不同地区实际情况制定特定的改造技术、评判标准,只有这样才能最经济地达到最好的节能效果^[4];周辉、林海燕分析了北方地区既有居住建筑节能改造各环节技术路线的基本要求,具体分析了节能改造的技术方案^[5];陈晨、潘毅群指出了适用于上海地区商用建筑的无成本、低成本的节能管理措施,如自动控制照明系统,优化照明时间,对电脑、办公设备进行节电管理及动态调整空调系统的运行等^[6]。本文针对上海地区的既有办公建筑,着重考虑其适用的围护结构改造措施,对这些节能改造措施进行研究分析。

1 既有办公建筑围护结构节能改造的适用技术

建筑物围护结构的热损失是指通过建筑物的外墙、外窗及屋顶的热损失,而我国既有办公建筑的外墙、外窗、屋顶大多未能达到节能标准的要求。因此,对既有办公楼建筑围护结构的节能改造主要针对外墙、外窗及屋顶进行。

1.1 外墙节能改造

墙体是建筑外围护结构的主体,其所用材料的保温性能直接影响建筑的能耗。既有公共建筑外墙的基材主要是烧结普通砖、烧结多孔砖、烧结空心砖及普通混凝土小型空心砌块等。根据绝热材料在墙体中的位置,外墙的节能改造可分为内保温、外保温、中间保温。对于既有公共建筑的节能改造外墙来说,外保温和内保温比较合适。

外墙外保温是指在建筑外墙外表面建造保温层,提高墙体的冬季保温和夏季隔热性能,以减少其因室内外温差导致的传热损失,实现建筑物采暖或制冷能耗的降低。目前,应用较多的外墙外保温系统主要有 4 种,即膨胀聚苯板(EPS 板)薄抹灰系统、挤塑聚苯板(XPS 板)薄抹灰系统、胶粉聚苯颗粒系统、硬泡聚氨酯喷涂系统。

外墙内保温系统主要是将导热系数小、不燃或难燃、不对室内产生污染的保温材料与外墙内侧复合,形成一定隔热保温效果。内保温材料强度一般都比较低,需要设覆面保护层。在单一材料墙体内侧,加抹一定厚度的膨胀珍珠岩保温砂浆,是一种经济而简便的节能方法。然而外墙内保温也存在减少室内使用面积、对室内装饰不方便,改造过程会影响大楼使用等缺点。

1.2 外窗节能改造

建筑围护结构热工性能最薄弱的环节是外窗。在保证日照、采光、通风、观景等要求的条件下,应尽量减少建筑外窗的面积,并提高其气密性和保温性能,以减少冷风渗透及外窗本身的传热量。因此,外窗的节能改造措施主要有更换窗框和更换玻璃(低辐射玻璃、中空玻璃)、增加玻璃镀膜、增设外遮阳和内遮阳等。

在外窗上设置遮阳系统,如外侧采用遮阳篷、遮阳板,内侧采用百叶窗、窗帘,可以最大限度减少阳光的直接照射,从而避免室内过热。新型室外遮阳体系不仅能够调节光线,降低能耗外,还能收放自如,需要时可展开,不用时可卷收藏于结构之内,既不影响人的视觉,也不破坏建筑的整体效果。

1.3 屋面节能改造

对屋面具体的改造措施有以下几项:

(1)通过将平屋顶改为坡屋顶,并内置保温隔热材料。不仅可提高屋顶的热工性能,还有可能提供新的使用空间,也有利于防水。

(2)在屋面铺设高效的保温隔热层和通风隔热层,不但可以隔热,而且可以防止屋顶的混凝土层在热应力作用下产生龟裂,增加房屋的使用寿命。屋面保温层不宜选用密度大、导热系数高的保温材料,以免屋面重量、厚度过大。另外,屋面保温层不宜选用吸水率大的保温材料,以防屋面湿作业时因保温层大量吸水而降低保温效果,若选用吸水率较高的保温材料,屋面上应设置排气孔以排除

保温层内不易排出的水分。

(3)采用种植屋顶、冷屋顶等。种植屋顶即在屋顶种植绿色植物,通常采用覆土栽培和无土栽培技术,既可遮阳隔热,又能通过植物的光合作用消耗转化部分热量,起到美化环境的作用。但在屋顶种植草坪,必须考虑建筑屋顶的承重能力和抗腐蚀能力。冷屋顶指反射率较高的屋顶,通过对普通屋顶涂敷高反射率的涂料,提高其反射率,减少对太阳辐射的吸收。

2 上海地区既有办公建筑典型模型的建立

本文通过比较各项节能措施对建筑负荷的影响来判定其节能效果。在建立典型模型时参考文献

[2]、文献[7]中确立典型模型的方法,并结合上海市办公建筑的调研资料,确定典型模型的建筑几何参数、围护结构性能参数等,使所建模型能代表上海地区既有办公建筑。本项目采用建筑能耗模拟软件 EnergyPlus^[8]建立模型。研究对象是上海市的既有办公建筑,地理位置定位在上海。上海纬度 31.12°, 经度-121.26°, 时区 GMT+8。天气参数采用上海的标准气象年数据。

建筑模型 25 层,标准层面积 1750 m²,长宽比 1.43,总建筑面积 43750m²。非空调面积 2500m²,为总建筑面积的 5.7%。周边外区进深 5m。窗面积 6402m²,窗墙比为 70% (仅考虑透光区域)。

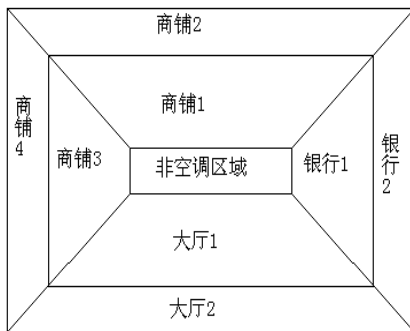


图 1 一楼分区示意图

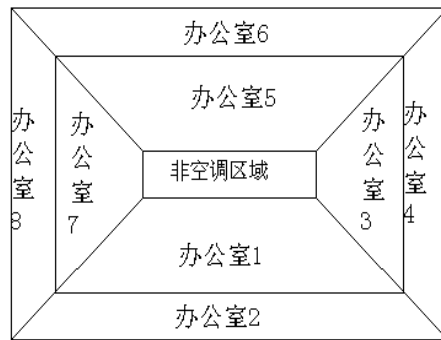


图 2 标准层分区示意图

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,层高为 6m。二层以上是标准层,均作办公用,标准层层高为 4.2m。图 1、2 为办公楼建筑模型的分区示意图。图 3 是建筑模型立体示意图。建筑朝向为正南。

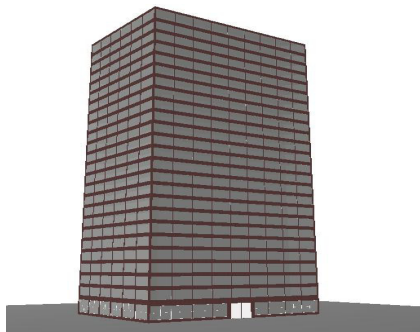


图 3 办公楼立体示意图

典型模型的围护结构热工特性参数如表 1 所列。外墙和外窗的数据是根据调研结果确定的。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/m²·°C。既有办公建筑的外窗多采用铝合金窗框,双层白玻。由于非透光区域的玻璃主要用作热反射,对外墙的传热影响不大,故在模拟时仅考虑透光区域的玻璃,传热系数设为 2.71 W/m²·°C,遮阳系数为 0.81。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/m²·°C。室内负荷由照明、设备和人员负荷构成。典型模型中室内负荷参数的设定是根据《公共建筑节能设计标准 GB50189—2005》^[1]的相关规定设定的,各功能区的运行时间则根据上海办公建筑的实际运行情况而定。具体数据见表 2。

表 1 典型模型围护结构参数

围护结构	传热系数(W/m ² °C)
外墙	1.60
屋顶	0.75
外窗	传热系数 U=2.71 W/m ² °C; 遮阳系数 SC=0.81

表 2 典型模型室内负荷的设定

区域	设定温度	运行时间	室内负荷 (W/m ²)		
			照明	设备	人员(m ² /人)
大厅	夏季 24°C	7:30~18:30	15	15	20
银行					
零售商铺	冬季 20°C (±1°C)	8:30~16:30	15	20	6
办公室					
非空调区域	—	9:00~18:00	20	13	6
		8:00~17:30	15	18	4
		7:30~18:30	11	5	20

3 节能措施模拟与分析

将上述的围护结构节能改造措施进行组合,形

成多种方案,采用典型模型对这些方案进行模拟计算,如表 3 所示。

表 3 既有办公建筑节能改造方案

节能改造方案	具体措施	传热系数(W/m ² °C)
方案 1	外墙增加外保温系统, 25mm 胶粉聚苯颗粒保温砂浆	外墙传热系数降为 0.96 W/m ² °C
方案 2	外墙增加外保温系统, 30mm 厚膨胀聚苯板	外墙传热系数降为 0.74 W/m ² °C
方案 3	外窗的双层白玻更换为外层 lowE 玻璃, 内层白玻	外窗传热系数降为 1.77 W/m ² °C, 遮阳系数为 0.65
方案 4	外窗增加外遮阳	外窗传热系数降为 2.52 W/m ² °C, 遮阳系数为 0.47
方案 5	屋顶增加保温层, 30mm 膨胀聚苯板	屋顶传热系数降为 0.49(W/m ² °C)
方案 6	综合方案 1、3、4、5	

表 4 列出了典型模型及各节能方案的峰值冷热负荷及全年建筑总负荷。

表 4 典型模型及各方案的峰值冷热负荷与全年总冷热负荷

模型	峰值冷 负荷 (kW)	减少百 分比(%)	峰值热 负荷 (kW)	减少百 分比 (%)	全年冷负 荷 (MkW)	减少百分 比 (%)	全年热负荷 (MkW)	减少百 分比 (%)
典型模型	3742		1030		6419		668	
方案 1	3722	0.6	978	5.2	6411	0	617	7.6
方案 2	3721	0.6	957	7.2	6433	0	587	12.1
方案 3	3476	7.1	753	27.2	6400	0	307	46.0
方案 4	3473	7.2	1030	0	5454	15	667	0
方案 5	3744	0	1021	1.2	6440	0	655	1.9
方案 6	3228	13.7	688	33.2	5431	15	323	51.6

由表 4 可知,除了对屋顶采取保温这一措施对峰值冷负荷基本没有影响之外,应用其它节能改造措施之后,峰值冷负荷都有相应减小。其中更换玻璃及增设外遮阳这两项节能措施效果较显著。若将方案 1、3、4、5 综合应用于典型模型,则能大幅降低峰值冷负荷,约 14%;除了对外窗增加外遮阳这一措施对峰值热负荷没有影响之外,其它节能改造措施都能降低峰值热负荷。这是因为外遮阳只在夏季起作用,冬季外遮阳不起作用。其中更换玻璃这一改造措施对降低峰值热负荷最有效。降低玻璃的传热系数可以增强建筑的保温性能,从而有效阻止了冬季室内热量向室外的散失。若将方案 1、3、4、5 综合应用于典型模型,则能大幅降低峰值热负荷,约 33%。

由表 4 可以进一步得知,在上海的气候条件下,外保温措施对于降低办公建筑的全年冷负荷几乎没有什么效果。这是因为办公楼为间歇空调,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,故外保温措施对全年冷负荷没有影响;而外墙保温性能的加强对于冬季热负荷的降低有明显效果。因此,总的来说,方案 1、2 的外保温措施对于办公建筑有一定效果,主要表现在可以有效降低热负荷。

方案 3 通过把双层透明白玻改为外层为 Low-e 玻璃内层白玻后虽然能有效降低峰值冷负荷,但对减少全年冷负荷效果较小,而对减少全年热负荷效果显著。因为普通玻璃对长波辐射的吸收率和发射率都比较高。在冬季夜间,普通玻璃一方面吸收室内表面的长波辐射热,另一方面又被室内空气加热

使其具有较高的表面温度,故会向室外低温环境以及低温天空以长波辐射的方式散热。而 low-e 玻璃具有对长波辐射的低发射率、低吸收率和高反射率,能够有效地把长波辐射反射回室内,降低玻璃的温升,同时其低长波发射率保证其对室外环境的长波辐射散热量也大大减小。故能大大降低全年热负荷。而在炎热的夏季,low-e 玻璃被室外空气和太阳辐射加热后向室内进行长波辐射的散热量也较普通玻璃显著减少,但对降低全年冷负荷效果不明显。

将方案 4 的模拟结果与典型模型相比较得出,外遮阳能显著降低建筑的全年冷负荷。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。由于外遮阳系统只在夏季起作用,故这一措施对全年热负荷没有影响。总的来说,加设外遮阳系统的节能效果是比较明显的。

方案 5 是对建筑进行屋顶保温。从模拟结果可以看出,在上海气候条件下,屋顶保温这一节能措施的节能效果基本没有。

综合方案 1、3、4、5,将各项节能措施同时作用于一栋建筑,节能效果显著,尤其对降低全年热负荷十分有效。

4 结论

本文介绍和分析了既有办公建筑围护结构节能改造的适用技术,包括外墙、外窗和屋面的节能改造技术,采用建筑能耗模拟软件 EnergyPlus 建立上海地区既有办公建筑的典型建筑模型,并用该典型模型模拟计算上海地区既有办公建筑围护结构

(下转第 76 页)

R22 时,全热回收空调机组产生的生活热水一般不高于 60℃,可以用 R417a 替代 R22,提高产生的生活热水水温;而部分热回收空调机组的热水温度取决于压缩机的排气温度,对机组本身性能不产生影响

(2) 部分热回收空调机组只吸收压缩机排放的部分热量,适用于空调为主,热水为辅的场所。

(3) 在进行部分热回收和全热回收空调机组设计时,应解决好机组排气压降问题。特别是对于全热回收空调机组,解决好冬季融霜和能量旁通至关重要。

4 结论

热回收空调机组是一种集制冷、制热及热水供应三种功能为一体,且具有全年五种运行模式(制冷模式、制热模式、制冷兼制热水模式、制热水模式和制热兼制热水模式)的节能型热泵空调系统。

热回收空调机组不仅能缓解常规热泵空调在夏季运行时所存在的能源浪费和对室外环境的热污染问题,而且还能够节约大量的用于生活热水加热的一次能源,符合 21 世纪能源和环境可持续发展的目的,是一种值得推广和应用的节能型空调机组。

参考文献:

[1] 陈沛霖,岳孝方.空调与制冷技术手册[M].上海同济大学出版社,1999.
 [2] 陈超,欧阳军,王秀丽,等.空气源热泵机组冬季除霜热量补偿新方法[J].制冷学报,2006,27(4):37-40.
 [3] 陈芝久.制冷装置自动化[M].北京:机械工业出版社.
 [4] 李晓燕,闫泽生.R417a 在热泵热水系统中替代 R22 的实验研究[J].制冷学报,2003,24(4):1-4.
 [5] 许文.新编换热器选型设计与制造工艺实用全书[M].北方出版社.

(上接第 64 页)

的各种节能改造措施使建筑冷热负荷的减少量,以分析其节能效果。

根据上文的分析,可以得出以下结论:

(1) 在上海的气候条件下,外保温措施可以有效减少峰值热负荷和全年热负荷。但外保温措施对降低冷负荷的作用非常有限;

(2) 更换外窗玻璃,减小玻璃的传热系数,能增强围护结构性能,对降低热负荷比冷负荷更有效;

(3) 增设外遮阳系统可以大大减小窗户的遮阳系数,能有效降低峰值冷负荷、减少全年冷负荷,对办公建筑是比较有效的节能改造措施;

(4) 屋顶保温对上海地区办公建筑几乎没有节能效果;

(5) 虽然有些节能措施单独采用时节能效果不显著,但如果同时采用多项节能措施,则节能效果非常显著。

参考文献:

[1] GB50189—2005,公共建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2005.
 [2] Joe Huang,Hashem Akbari,Leo Rainer, and Ron Ritschard, 481 Prototypical Commercial Buildings For 20 Urban Market Areas. Lawrence Berkeley Laboratory Applied Science Division Berkeley CA 94720.GRI-90/2036.
 [3] 孙金颖,刘长滨.既有建筑节能改造障碍识别及对策研究[J].低温建筑技术,2007,(5).
 [4] 徐晨辉.对既有建筑节能改造原则的认识[J].建筑节能,2006,(5).
 [5] 周辉.北方供暖地区既有居住建筑节能改造技术支撑[J].暖通空调,2007,(9).
 [6] 陈晨,潘毅群.无成本、低成本节能措施在商用建筑中的应用[J].制冷空调与电力机械,2006,(1).
 [7] 郑晓卫,潘毅群,黄治钟,等.国内外建筑能耗基准评价工具的研究与应用[J].上海节能,2006,(6).
 [8] Lawrence Berkely National Laboratory, University of Illinois, University of California. EnergyPlus2.1