

上海既有居住建筑围护结构 节能改造分析

上海现代建筑设计(集团)有限公司 林星春[☆]
同济大学 马素贞 龙惟定

摘要 某小区居住建筑于 2005 年进行了外墙外保温改造。对其节能改造前后的能耗账单进行了比较分析,直接比较的结果表明,改造后的电耗增加。为了确定节能措施的真正节能效果,对其进行了认真详细的分析,采用供暖度日数和空调焓日数分别对供暖季和供冷季的能耗进行了调整,并根据过渡季节的能耗变化对使用情况进行了调整,并对调整后的能耗进行了比较分析,结果表明,对外墙加外保温的节能改造措施具有一定的节能效果,而且还可改善室内的热舒适性。

关键词 既有居住建筑 节能改造 外墙外保温 节能效果 调整量

Analysis of envelope energy saving renovation of an existing residential building in Shanghai

By Lin Xingchun[★], Ma Suzhen and Long Weiding

Abstract A residential building quarter in Shanghai is renovated by adopting exterior insulating material. Analyses and compares energy consumption before and after renovation, which shows an increase in electric power consumption after retrofit. To determine energy saving effect properly, heating degree-days and air conditioning enthalpy-days are adopted separately to adjust energy consumptions in heating and cooling seasons, and adjusts usage situation according to energy consumption change in transition seasons. After adjustments, energy consumptions are calculated and the result shows that the exterior insulation measure has energy saving effect and improves indoor thermal comfort.

Keywords existing residential building, energy saving renovation, exterior insulation, energy saving effect, adjustment

[★] Shanghai Xian Dai Architectural Design (Group) Co., Ltd., Shanghai, China

^①

0 引言

上海于近几年陆续开展了居住建筑和公共建筑的节能改造工作,对居住建筑而言,采取的节能改造措施是外墙外保温,本文拟以上海某住宅小区实施的外墙节能改造项目为例,分析该项节能措施的节能效果。

1 项目概况

该小区建于 20 世纪 80 年代后期,现有 3 幢住宅楼 1391 弄,1393 弄 1 号、2 号,总建筑面积 45 227 m²,居住 616 户,由于小区整体面貌陈旧,老化,年久失修,业主反映强烈。红外热像仪的检测结果也表明该小区高层住宅的外墙饰面的空鼓及损坏情况较为严重,存在严重的热工缺陷^[1]。因

此,该小区于 2005 年 5 月进行了改造,改造资金为政府补贴和小区的房屋公共设施维修基金。

墙体的保温措施主要是对外墙进行外保温,保温材料为 193 聚氨酯泡沫塑料。根据现场勘察和红外热像仪检测情况,主要在山墙等空鼓严重部位进行外墙防水保温处理,阳台公用部位则采用界面剂、纤维腻子批嵌找平后,涂刷外墙弹性涂料。竣

[☆] 林星春,男,1983 年 1 月生,硕士,工程师
200041 上海石门二路 268 号四楼上海现代建筑设计(集团)
有限公司现代都市建筑设计院机电一所
(021) 52524567-30433
E-mail: xingchun_lin@xd-ad.com.cn
收稿日期:2008-09-02

工后,按照 DBL/CT 022—2004《193 聚氨酯彩色防水保温系统技术规程》验收。

2 改造前、后能耗变化情况

笔者将获得的 1391 弄住宅楼 90 户 2004 年 1 月至 2006 年 7 月的用电量数据进行了整理^①,得到了改造前、后(改造前:2004 年 1 月至 2004 年 12 月,改造后:2005 年 8 月至 2006 年 7 月)各 1 年的户均用电量:改造前,90 户家庭的户均年用电量 1 695.9 kWh,改造后,户均年用电量为 1 862.2 kWh,均低于上海市城镇民用建筑使用能耗调研结果 2 478.9 kWh^[2],这主要是因为该小区是上海一个中低收入水平居民居住的小区。

图 1 给出了该小区改造前、后 12 个月的月均用电量,图 2 给出了改造前、后全年月均耗电量(按供冷季节为 6,7,8,9 月,供暖季节为 12,1,2 月,其他月份为过渡季节进行数据整理)的变化情况。从图中可以看出,供冷季节的用电量明显高于全年平

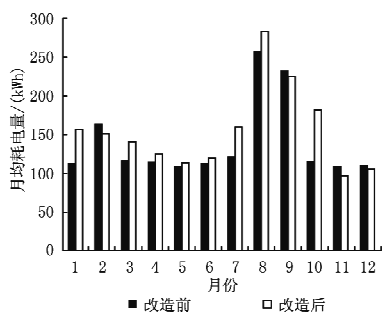


图 1 改造前、后月均耗电量

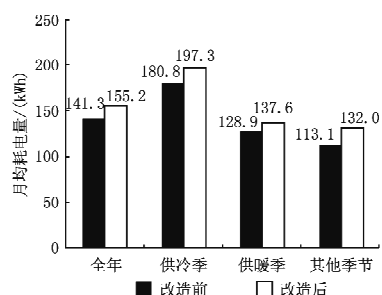


图 2 改造前、后每户月均耗电量变化情况

均值,而供暖季节的用电量则低于全年平均值,说明在目前生活条件下,普通住宅的空调器主要用于夏季制冷,冬季使用空调器的时间甚少(冬季有 51.8%的家庭基本不开启空调)。夏季空调季的耗电量要比非空调季的高 50%~60%。

从统计数字来看,2005 年 8 月至 2006 年 7 月的用能增加了,2005 年 8 月至 2006 年 7 月的每户

月均耗电量比 2004 年增加了 9.8%,见表 1。

表 1 该小区节能改造前、后耗电量变化

	改造前	改造后	变化量	百分数/%
全年月均耗电量/(kWh)	141.3	155.2	13.9	9.8
供冷季月均耗电量/(kWh)	180.8	197.3	16.5	9.1
供暖季月均耗电量/(kWh)	128.9	137.6	8.7	6.7
其他季节月均耗电量/(kWh)	113.1	132.0	18.9	16.7
单位面积的年耗电量/(kWh/(m ² ·a))	23.6	25.9	2.3	9.7
人均年耗电量/(kWh/(人·a))	622.1	679.1	57.0	9.2

3 结果分析

结果似乎表明,改造后能耗反而增加了。但是能耗增加的原因到底是什么呢?是说明围护结构保温没有节能效果还是存在其他导致能耗增加的因素?笔者从多个方面进行了分析。

首先,必须区别建筑负荷与建筑能耗这两个概念。负荷的单位是 W 或者 kW,它反映了建筑物的用能需求。负荷的大小,一定程度上取决于围护结构的热工性能。而能耗的单位是 kWh。负荷一定的建筑,用能设备的使用时间越长,能耗量就越大。因此,围护结构保温,只是为降低负荷(尤其是冬季供暖负荷)创造了条件,但最终能耗还要由用能设备的功率及运行时间决定。随着人民生活水平的提高,家庭拥有的空调器及其他电器的数量越来越多,截至 2006 年 6 月,上海市城镇居民平均每百户家庭空调器拥有量由 2004 年的 159 台增加到 172.5 台。因此,如果改造后很多用户拥有的空调器及其他电器的数量增加了,那么就相应增加了用能设备的总功率,这势必会引起用能增加。其次,随着上海居民经济收入的增加,人们对舒适性的要求也逐步提高;由于全球变暖,上海夏季气温逐年升高,这都会延长空调的使用时间。用能设备总功率增加了,运行时间延长了,能耗增加也就不难理解。

另一方面,从另一个角度来看这组数据,便可发现节能改造之后,夏季和冬季的能耗是降低的。外墙外保温这种节能改造措施,对过渡季节的建筑能耗几乎没有影响。而从表 1 可以看出,过渡季节月均电耗增加的幅度最大,为 16.7%。引起这部分增加的能耗的因素可以理解为居民生活水平的

^① 上海市政协人口资源环境建设委员会. 上海市住宅建筑节能现状调研[R], 2006

提高和气候变暖。如果不采取任何节能措施的话,那么全年的能耗都将按照 16.7% 的幅度增长。但实际夏季和冬季月均电耗的增长率分别为 9.1% 和 6.7%, 相对于 16.7% 来说, 分别低了 7.6% 和 10%, 从而使全年月均能耗增长率保持在 9.8%。

因此, 可以按照以下方式对改造前、后的节能效果进行分析。

首先对供暖和供冷季节能耗进行气候修正, 2004 年上海供暖度日数 HDD_0 为 $1\,376\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (以 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为基准), 而 2005 年 8 月至 2006 年 7 月的供暖度日数 HDD 为 $1\,489\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 以 2005 年 8 月至 2006 年 7 月的电耗为基准值, 可由下式计算得到 2004 年经气候调整后的供暖季节耗电量 E_h :

$$E_h = \frac{HDD}{HDD_0} \times E_{h0} \quad (1)$$

式中 E_{h0} 为 2004 年供暖季耗电量。

代入已知数据, 得 E_h 为 139.5 kWh 。考虑到供冷能耗不仅与温度有关, 而且与湿度有关, 这里用兼顾温度和湿度的焓日数对供冷季节能耗进行修正。以 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 60% 状态下的比焓 ($h=58.4\text{ kJ/kg}$) 为基准, 计算得到 2004 年上海的焓日数为 $1\,336.6\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{d})$, 2005 年 8 月至 2006 年 7 月的为 $1\,669.8\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{d})$, 则可计算得到 2004 年经气候调整后的供冷季节耗电量 E_c 为 225.8 kWh , 见表 2。

	表 2 节能量计算结果				kWh
	2004 年	2004 年气候调整后	调整使用情况后	2005 年 8 月至 2006 年 7 月	
全年月均耗电量	141.3			155.2	
供冷季月均耗电量	180.8	225.8	244.7	197.3	47.4
供暖季月均耗电量	128.9	139.5	158.4	137.6	20.8
其他季节月均耗电量	113.1			132.0	

此外, 由于外墙加保温对过渡季的能耗几乎没有什么影响, 因此过渡季能耗的增加幅度可以看作反映人民生活水平提高 (用电设备数量增加, 运行时间延长) 的能耗数据, 也就是说, 该小区每户每月由于生活水平提高而使得每月的能耗增加 18.9 kWh 。如果按照 2005 年的水平用电, 那么 2004 年供暖季节的能耗为 $139.5\text{ kWh} + 18.9\text{ kWh} = 158.4\text{ kWh}$, 供冷季节为 244.7 kWh , 也就是由于用能水平和经过气候调整后 2004 年供暖和供冷季节的月均耗电量分别为 158.4 kWh 和 244.7 kWh , 再拿这两个数据与改造后供暖和供冷季的能耗进行比较, 则可以算出能耗分别减少了 20.8 kWh 和 47.4 kWh 。因此供暖季和供冷季能耗分别降低了 62.4 kWh 和 189.6 kWh , 改造后全年平均每户能耗减少 252 kWh 。

此外, 改造后对该住宅楼的围护结构进行了红外热像检测, 外墙面红外热像图上没有显示温度异常的区域, 如图 3 所示。这表明经过节能改造后的外墙面已消除了饰面空鼓的安全隐患, 并且聚氨酯保温材料喷涂得均匀、完整, 没有在红外热像图上发现冷桥等热工缺陷部位, 这也间接说明对外墙加保温可改善室内的热舒适性。

4 结语

我国的节能改造项目中, 计算节能效果的方法主要有直接比较项目实施前后的能源账单和能耗模拟计算。前者没有考虑非节能措施因素的影响, 因此不能说明节能措施的真正节能效果, 是一种不公平的比较分析方法; 后者也往往因为模拟过程的诸多问题而使得节能量的计算不具有科学性。本文在第一种方法的前提下, 将改造前、后的能耗放

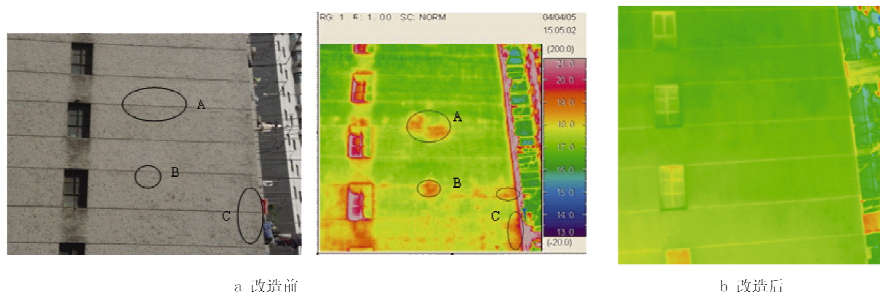


图 3 外墙红外热像图

在同样的工况下进行比较, 即, 对能耗进行调整消除非节能措施因素的影响, 比如天气和使用情况。笔者根据上述方法计算得到了上海某住宅建筑采取外保温节能措施后的节能量。

参考文献:

- [1] 上海房地产科学研究院. 既有住宅围护结构节能改造试点工程研究报告[R], 2006
- [2] 上海市建设和交通委员会. 上海市建筑能耗统计分析报告[R], 2006