

文章编号: 1005-0523(2010)05-0017-05

南昌既有建筑节能改造技术经济分析

王永祥, 谢 丽

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:针对南昌开展既有住宅节能改造在经济上是否可行的问题,运用能耗分析软件对典型既有建筑节能改造前后进行能耗分析,通过性价比指标与动态投资回收期从多个方案中优选节能方案,并对所选方案进行技术经济分析,得出南昌市开展既有住宅节能改造在经济上切实可行,为南昌地区今后推广既有建筑节能改造提供了技术经济支持。

关 键 词:既有建筑;节能改造;能耗分析;技术经济分析

中图分类号:F407.9 **文献标识码:**A

目前,我国既有的 400 亿平方米建筑中,95%以上是高能耗建筑^[1]。并且单位面积能耗是发达国家的 2~3 倍,粗略估算,我国的建筑能耗超过所有发达国家的总和^[2]。日益高涨的建筑能耗使我国的能源消费不堪重负,因此,对既有建筑进行节能改造是当务之急且影响深远。

南昌地处夏热冬冷地区,夏季闷热,冬季湿冷。若不借助主动手段调节室内热环境,南昌夏冬季节室内热环境根本达不到基本的居住条件,更谈不上热舒适,进而影响工作效率,更会影响身体健康^[3]。毫无疑问,当前对南昌地区既有建筑进行节能改造是基础设施建设的重中之重。

众所周知,在改造中,投入的材料在生产、运输、施工等环节也需要消耗大量的能源,需要大量的投资,因此既有建筑节能改造需要巨额投资^[4],但是投资所产生的直接经济效益便是年度电费的节省。基于一个工程实例,本文拟对既有建筑节能改造进行技术经济分析,包括建筑能耗分析、优选节能改造方案,从而判定节能改造在南昌地区是否适宜推广。

1 既有建筑节能改造方案

本文拟对南昌地区一处典型的既有建筑对进行外围护结构节能改造分析。它为一梯两户,两房一厅式,南北向布置,砖混结构,一字型平面,有 5 层共 2 个单元,层高为 2.8 m,建筑体积为 5 422.84 m³,占地面积为 397.94 m²,体型系数为 0.34,其楼梯间不设置保暖,标准层平面示意图如图 1 所示。

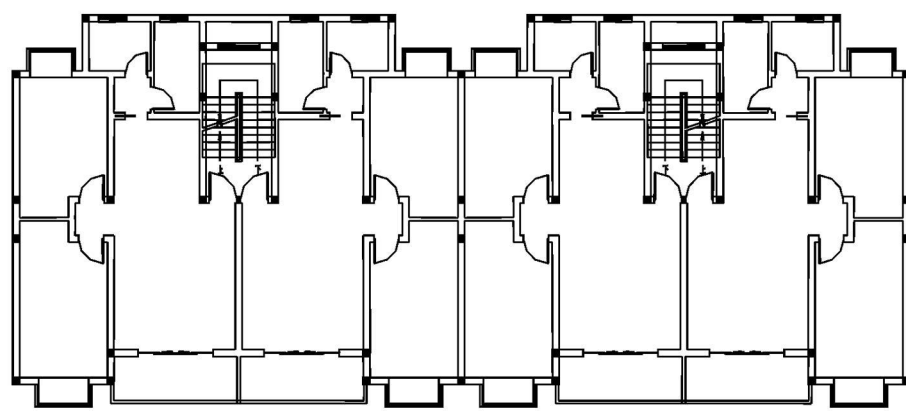


图 1 既有建筑标准层平面示意图

1.1 改造前后热工指标对比

(1) 既有建筑设计构造:外墙为 240 mm 厚实心砖墙,传热系数为 $1.96 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;屋顶为钢筋混凝土屋面,传热系数为 $3.18 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;窗为铝合金普通单框单玻璃 6~12 mm(推拉),传热系数为 $4.00 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1})$ 。

(2) 既有建筑节能改造方案:本文主要对既有建筑的围护结构进行节能改造技术经济分析,围护结构包括外墙、屋面、外窗,下面为围护结构的改造方案。外墙为挤塑聚苯板薄抹灰外墙外保温,此保温系统的传热系数为 $0.67 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;屋面为挤塑聚苯板倒置式屋面保温系统,它的传热系数为 $0.739 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;外窗采用双层普通中空玻璃窗(推拉),它的传热系数为 $2.8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

通过比较上面的节能改造方案与既有建筑初始构造方案的热工性能,可以看出改造前后此既有建筑的围护结构的热工性能得到了很大的改善,汇总如表 1 所示。表 1 中可以看出屋顶的传热系数所降幅度最大,高达 77%,其次为外墙。

表 1 改造前后围护结构热工性能比较

改造部位	改造前传热系数 $/\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	改造后传热系数 $/\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	传热系数所降幅度/%
外墙	1.96	0.67	65.8
屋顶	3.18	0.73	77.0
外窗	4.00	2.80	30.0

1.2 多个节能方案的能耗分析

本文用节能分析软件天正 TBEC 对下面 4 个节能改造方案进行能耗模拟,4 个节能方案见表 2。

表 2 多个节能方案的构成

节能方案编号	外墙	屋面	外窗	遮阳
a	无机玻化微珠保温	挤塑聚苯板倒置式保温屋面	双层普通中空玻璃窗(推拉)	无
b	无机玻化微珠保温	聚氨酯硬泡	双层普通中空玻璃窗(推拉)	无
c	无机玻化微珠保温	聚氨酯硬泡	铝合金低辐射中空玻璃窗	无
d	挤塑聚苯板薄抹灰	聚氨酯硬泡	铝合金低辐射中空玻璃窗	水平遮阳

1.2.1 能耗模拟参数如下

计算地点:南昌;
所用气象数据文件:NANCHg.BIN;
空调房间室内计算温度:冬季全天为 18 ℃;夏季全天为 26 ℃;
室外气象计算参数采用典型气象年;
采暖和空调时,换气次数为 $1.0 \text{ 次} \cdot \text{h}^{-1}$;
采暖、空调设备为家用气源热泵空调器,空调额定能效比取 2.30,采暖额定能效比取 1.90;
室内照明得热为每平方米每天 0.014 1 kWh,室内其他得热平均强度为 $4.3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

1.2.2 能耗结果

用 TBEC 对 4 个节能改造方案进行能耗模拟的结果如表 3 与图 2 所示。

从表 3 和图 2 中可以看出这 4 个改造方案与初始方案相比具有明显的节能效果,这 4 种方案全年省电量相差不大,其中以方案 d 的节能率最高,达到 70%左右,节能率最低的方案 a 也达到 59%。因此若只从节能率方面来选取方案会有所欠缺,因此需综合考虑其他因素来选取方案。

表 3 节能改造方案能耗

改造方案编号	全年耗电量 /kWh·m ⁻²
既有建筑未改造前	58.64
a	24.37
b	24.01
c	21.88
d	16.66

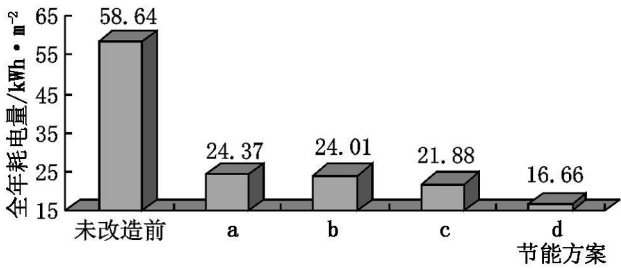


图 2 节能改造方案能耗比较

2 多个节能改造方案的技术经济分析

2.1 多个节能改造方案“性价比”比较

适宜技术观认为技术创新应该是技术自然属性与社会属性同步完善的过程^[5]。也就是说“适宜性”技术是要达到最佳的综合经济效率。故在节能改造方面,“适宜性”技术原则要求在工程材料和技术的选择上,不应片面追求高技术、高花费^[6]。因此在节能改造方案的选择上,不能单纯以方案的节能效果作为唯一的评判标准,而是应当综合节能效果与方案的经济性两方面因素,选择出投入产出比最高的节能方案。

本文引入参数 f 代表各方案的投入产出比,即 $f=\frac{\Delta q}{P}$,其中, Δq 为节能改造效果,即为节省的耗电量, P 处为改造成本,电价取南昌居民平均用电费 0.6 元/度。这 4 个方案的改造成本经过测算如表 4 所示,4 个节能改造方案性价比分析如表 5 所示。

表 4 4 种节能改造方案改造成本

方案编号	围护结构	面积/m ²	综合单价/元	总价/元
a	外墙	950.66	100	172 569
	屋顶	280.04	120	
	外窗	160.78	400	
b	外墙	950.66	80	162 768
	屋顶	280.04	80	
	外窗	160.78	400	
c	外墙	950.66	80	175 630
	屋顶	280.04	80	
	外窗	160.78	400	
d	外墙	950.66	80	20 8974
	屋顶	280.04	80	
	外窗	160.78	400	
	遮阳	160.78	30	

表 5 几个节能改造方案性价比分析

方案编号	节能量 Δq /kWh·m ⁻²	改造成本 P /元	性价比 f	排序
a	34.27	172 569	1.99×10^{-4}	4
b	34.63	162 768	2.13×10^{-4}	1
d	36.76	175 630	2.09×10^{-4}	2
c	41.98	208 974	2.01×10^{-4}	3

2.2 节能改造方案的选取

2.2.1 节能改造方案现金流量比较

为了选择更适宜的节能改造方案,将 4 个方案的净现金流量进行比较。比较时假设如下:(1) 所采用

的节能改造技术的寿命期为 25 年;(2) 基准折现率取 5 年以上中长期人民币贷款利率 6.12%;(3) 据南昌实情,取平均电费为 0.6 元/度,不考虑能源在日后的上涨率。这几种节能改造方案的寿命期内的现金流量见表 6。

表 6 几种节能改造方案整体现金流量表

方案编号	现金流量	时间/年						
		0	1	2	3	4	...	25
a	现金流入	0	15 646	15 646	15 646	15 646	...	15 646
	现金流出	172 569	0	0	0	0	...	0
	净现金流量	-172 569	15 646	15 646	15 646	15 646	...	15 646
b	现金流入	0	15 810	15 810	15 810	15 810	...	15 810
	现金流出	162 768	0	0	0	0	...	0
	净现金流量	-162 768	15 810	15 810	15 810	15 810	...	15 810
c	现金流入	0	16 782	16 782	16 782	16 782	...	16 782
	现金流出	175 630	0	0	0	0	...	0
	净现金流量	-175 630	16 782	16 782	16 782	16 782	...	16 782
d	现金流入	0	19 166	19 166	19 166	19 166	...	19 166
	现金流出	208 974	0	0	0	0	...	0
	净现金流量	-208 974	19 166	19 166	19 166	19 166	...	19 166

2.2.2 节能改造方案的动态投资回收期

$$P_d = \frac{-\lg\left(1 - \frac{I}{A}i\right)}{\lg(1+i)} \tag{1}$$

其中: p_d 为节能改造动态投资回收期,单位为年; A 为年节能收益,单位为元/年; I 为节能改造的成本,单位为年; i 为节能投资年基准收益率,这里取 6.12%。

根据表 6 及公式 1,可以得到方案 a,b,c,d 的 P_d 依次为 16 年、12 年、14 年及 15 年。
在对 4 个节能改造方案进行性价比及动态投资回收期的对比后,可以发现方案 b 不仅性价比系数最高,且投资回收期最短,并且此处计算忽略了能源价格的上涨率,若加以考虑,方案 b 节能改造的经济效益会更明显,且它的投资回收期会有所缩短。虽然方案 b 在节能效果比方案 c 稍微逊色些,并且方案 b 与方案 c 相比性价比指标相差不大,但是方案 b 在投资回收期方案比方案 c 有优势;与其他另外两个方案相比,方案 b 要么节能改造成本的投资方面有优势,要么在外墙防火性能方面的优势。综上所述建议对此既有建筑,选用方案 b 进行节能改造能达到比较好的节能效果。

3 单个节能方案经济分析

第 2.2 节中方案 b 在 4 个方案中从综合方面权衡较有优势,因此选方案 b 作为比较对象,将它与既有建筑未改造时的初始方案相比较。

3.1 节能率计算^[7]

$$\alpha = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \times 100\% \tag{2}$$

其中: α 为节能率; q_1 为非节能建筑的耗能量; q_2 为节能建筑的耗能量。

根据表 3,可得
 $\alpha = (58.64 - 24.01) / 58.64 = 59\%$,节能方案 b 节能率达到 59%。

3.2 节能收益计算^[8]

计算公式为 $A = \Delta q \times B = \left(q_1 - q_2 \right) \times B$
其中 A 为年节能电量收益(元· m^{-2}); Δq 为全年省电量($kWh \cdot m^{-2}$); B 为热能价格(元/ kWh)⁻¹,此处

为 $0.6 \text{ 元} \cdot (\text{kWh})^{-1}$ 。

根据表 3

$$A = (58.64 - 24.01) \times 0.6 = 20.778 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2}, \text{节能方案 b 节能收益为 } 20.778 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2}。$$

4 结论

由节能改造技术经济分析可知,经过优选得到的改造方案的动态投资回收期为 12 年,既有典型建筑的使用年限一般是已经使用了十多年左右的,按照一般建筑的使用年限 50 年来计算,改造后建筑在收回投资后至少还有十几年的净收益。因此节能改造能够大大减少建筑的使用能耗,提高室内居住舒适度的同时节省建筑使用过程的费用。可见南昌开展既有建筑节能改造是可行的,节能效益非常明显。

参考文献:

[1] 林涛,谢立辉,刘小平.建筑节能的社会经济效益分析及应对措施[J].建筑经济,2007(7):91-94.
[2] 梁冠华.既有住宅建筑节能改造的特点及技术性举措[J].住宅科技,2007(5):43-46.
[3] 彭小云.南昌地区既有住宅节能改造技术[J].华东交通大学学报,2004,21(4):10-14.
[4] 郑兵,王美燕,王新跃.既有建筑节能改造技术经济可行性研究[J].安徽建筑,2008,15(4):45-60.
[5] 陈晓杨,仲德.地方性建筑与适宜技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2007:11-15.
[6] 杨鹏.既有居住建筑围护体系节能改造适宜性技术研究[D].西安:西安建筑科技大学,2009:21-22.
[7] 王浩.节能住宅建筑综合经济分析[J].建筑节能,2004(8):38-40.
[8] 张瑞红,杨福云.农村住宅节能改造效益分析[J].建筑节能,2009,37(6):62-63.

Technical and Economic Analysis of Energy-saving Reconstruction of Existing Buildings in Nanchang

Wang Yongxiang, Xie Li

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Aiming at the economic feasibility of energy-saving reconstruction of existing buildings in Nanchang, this paper uses energy consumption analysis software to analyze the energy consumption before and after reconstruction. Through price index and dynamic investment recovery period, some energy-saving programs are selected to conduct their technical and economic analysis. The conclusion is that energy-saving reconstruction of existing buildings in Nanchang is feasible in terms of economy, which provides technical and economic support for promoting energy-saving reconstruction of existing buildings in Nanchang.

Key words: existing buildings; energy consumption analysis; technical and economic analysis

(责任编辑 王全金)