

严寒地区既有居住建筑节能 改造窗户节能效果研究

——以内蒙古地区为例

何 梅^{1,2}, 石颜博¹

(1. 西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 西部建筑科技国家重点实验室(筹), 陕西 西安 710055)

摘 要:既有住宅节能改造中, 外窗的热工性能对建筑能耗影响较大, 以内蒙古地区既有住宅建筑节能改造为例, 对不同性能的节能外窗其节能效果进行研究, 利用 DEST 软件模拟分析采用常用节能窗的住宅的冬季采暖负荷值, 对几种节能窗用于不同朝向的房间的节能率进行对比。通过综合分析, 在满足既有住宅建筑节能改造的造价和节能规范要求下, 提出最适合的节能窗, 为内蒙古不同地区的既有住宅节能改造窗户选择提供依据。

关键词:传热系数; 窗户节能改造; 采暖负荷; 节能对比参数

中图分类号: TU 201.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2013)04-0554-05

在北方严寒地区, 窗户带来的热损失又是相当惊人的, 住宅大部分热能是通过窗户散失, 因此窗户的保温性能的评价是在围护结构的保温性能的评价中占有重要的地位, 其热工性能对建筑整体的能耗评价有着至关重要的影响。

内蒙古自治区建筑气候分区属于严寒地区, 大部分地区采暖期从十月一日至次年的五月一日, 为了维持室内平均温度在 18°C 以上, 每平方米建筑耗热量指标范围将达到: $22.9 \sim 21.3 \text{ W/m}^2$ 。大部分既有多层居住建筑大都建造于八、九十年代, 设计之初由于技术条件及经济条件的限制, 建筑所采用窗户具有气密性低, 传热系数高等特点, 因此它的节能改造是既有住宅建筑节能改造的工作之一。本文通过分析各类型窗户类型对冬季采暖负荷的影响, 争取在合理的造价范围内, 为既有住宅建筑节能改造提供合理的窗户选择范围。

由于内蒙古地区东西成狭长地势, 各地区由于地理环境的不同导致建筑气候分区也略有差异, 因此本文选择了呼和浩特、锡林浩特、呼伦贝尔三个城市作为采样分析的样本地区。

1 窗户的热工性能研究

根据内蒙古自治区节能改造的要求: 既有住宅建筑节能改造应在 1980 年的住宅能耗基础上完成节能 50% 的目标。因此对改造的外窗的保温性能提出更高的要求。从窗户的传热分析的途径以看到, 要减少窗户的能耗就应该阻隔窗户的传热途径, 因此必须减少窗户的传热系数、规定合理的窗墙面积比及控

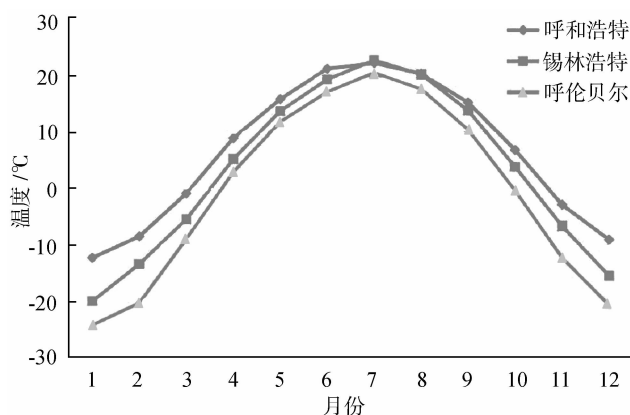


图 1 呼和浩特、锡林浩特及呼伦贝尔
三地全年平均气温

Fig. 1 Hohhot, Xilinhot and Hulunbuir three
annual mean temperature

收稿日期: 2012-09-10 修改稿日期: 2013-07-25

基金项目: 国家创新研究群体科学基金“西部建筑环境与能耗控制理论研究”(50921005)

作者简介: 何 梅(1964-), 女, 重庆万州人, 副教授, 主要从事建筑构造与建筑节能研究。

制窗户的空气渗透量.

1.1 传热系数

内蒙古地方标准中对于上述三个城市的外窗的传热系数分别进行了定义.

通过对上述三个城市的现有窗户类型的调研及分析,根据美国窗户传热性能评估软件 WINDOW 7 及内蒙古地区市场信息价,将内蒙古地区常用窗户的传热系数及造价进行分析.

1.2 窗墙面积比

内蒙古地方标准中对于窗墙比的限制有明确的要求.规定指出北向窗、墙面积比不应超过 0.25;东向和西向窗、墙面积比不应超过 0.30;南向窗、墙面积比不应超过 0.35,设计中应执行标准规定.

1.3 空气渗透

内蒙古地区 4~5 月多为沙尘天气,因此对窗户的气密性要求较高,在多层建筑中,窗户的气密性不应低于国家标准《建筑外窗空气渗透性能分级及其检测方法》(GB7107-2002)规定的Ⅲ级的要求.

2 窗户的采暖热负荷模拟

采暖负荷模拟计算采用由清华大学的 DeST-h. 通过利用能耗分析软件可以对采用不同的外窗的户型进行能耗分析,通过分析可知在一个采暖周期中,采用不同的类型的外窗的建筑采暖设备的累计热负荷值及平均热负荷值,(能够)对改造优化的窗户选型提供能耗值的数据支撑. 本文选用图 3 户型图作为节能改造分析的依据,待测户型位于第二层. 建筑面积约为 85 m²,层高为 3.0 m.

本文模型中除窗户部分的结构不同时,围护结构参数均设置相同,采暖设备设为全部打开,冬季室温上下限值为 16~28℃,耐受温度上下限值为 16~29℃,室内湿度上下限值为 20%~80%;内部热源:人数为 4 人,照明负荷为 10 W/m²,设备负荷为 10 W/m²,其中电热转化率 0.9.

利用能耗分析软件 DEST 对改造后外窗进行能耗分析,通过分析可知在一个采暖周期中,采用不同的节能外窗建筑采暖的能耗值. 根据采样分析的三个地区的采暖时间及室外平均温度的差异,进行了不同地区的冬季采暖的模拟. 从图 4 及图 5 中看出,当即有多层住宅建筑采用铝合金框双层单玻窗时,采暖季采暖设备每平米热负荷累计值最大,呼和浩特、锡林浩特及呼伦贝尔三地值分别为:121.14 kWh/m²,169.28 kWh/m²,209.35 kWh/m². 当采用 PVC 型材窗框 6+12+6 三层中空玻璃窗时,冬季采暖累计负荷值

表 1 窗户的传热系数 K 值

Tab.1 Heat transfer coefficient K value of window

采暖期室外平均温度/℃	代表城市	窗户传热系数 K 限值(W/m ² ·K)
-6.1~-7.0	呼和浩特	3.00
-10.1~-11.0	锡林浩特	2.50
-12.1~-14.5	呼伦贝尔	2.00

表 2 窗户性能表

Tab.2 Window performance table

编号	窗框类型	玻璃类型	玻璃厚度/mm	玻璃层数	K (W/m ² ·K)	造价 /元·m ⁻²
1	木窗	白色单玻	6	2	3.11	500
2	钢窗	白色单玻	6	2	3.6	220
3	铝合金	白色单玻	6	2	4.3	320
4	PVC	白色单玻	6	2	2.91	200
5	PVC	白色中空玻璃	6+9+6	1	2.79	240
6	PVC	白色中空玻璃	6+12+6	1	2.7	360
7	PVC	白色中空玻璃	6+9+6	2	2.0	380
8	PVC	白色中空玻璃	6+12+6	2	1.85	420
9	PVC	白色中空玻璃	6+9+6、6+12+6	2	1.9	410
10	PVC	白色中空玻璃	6+9+6	3	1.8	560
11	PVC	白色中空玻璃	6+12+6	3	1.75	560
12	隔热型材	白色中空玻璃	6+9+6	1	3.45	500
13	隔热型材	白色中空玻璃	6+12+6	1	3.3	500
14	隔热型材	白色中空玻璃	6+9+6	2	2.9	400
15	隔热型材	白色中空玻璃	6+12+6	2	2.65	420

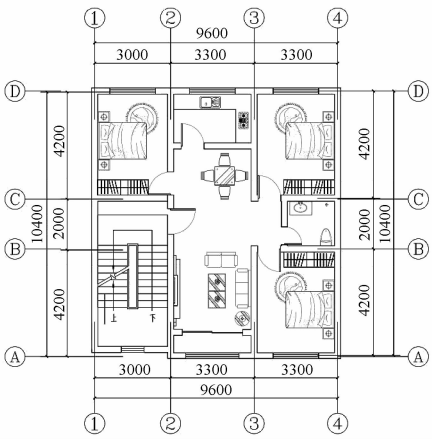


图 2 模拟户型图

Fig.2 Simulation model diagram

最低,呼和浩特、锡林浩特及呼伦贝尔三地值分别为: 99.26 kWh/m², 136.96 kWh/m², 184.47 kWh/m². 从图中可以看出,随着传热系数的增减变化,采暖季采暖设备每 m² 热负荷值也随即发生变化.

3 节能效果分析

为了衡量既有居住建筑的窗户的节能效果,本文设定节能参数对窗户节能效果进行考核,因此本文选用将内蒙古地区既有居住建筑常用的双层空腹钢窗为基准窗,其具体热工参数为表2中的窗户类型.假设使用这个窗户时,房间整个采暖季累计能耗为量 K_1 (kWh/m²),若该房间使用某一种窗户 n 节能改造后,整个采暖季累计能耗为 K_2 (kWh/m²)、房间面积为 S (m²)、窗户面积 S_w (m²),则整个采暖季累计每平方米窗户节能参数 $ER^{[3]}$ 为:

$$ER = S(K_1 - K_2)/S_w \text{ (kWh/m}^2\text{)}$$

上式中,除窗户作了替代以外其它围护条件均保持不变,而房间能耗从 K_1 变化到 K_2 ,因此故 ER 反映了该窗户相对于基准窗的采暖季节能量. ER 值越大,该窗户的采暖节能效果就越好.

由上表3中可以分析可知,应根据朝向进行窗户节能的改造的设计.在满足内蒙古住宅建筑节能改造的造价要求下,综合节能改造的共同效应,根据 ER 值与造价的比值同时表中可见,呼和浩特地区选用类型4、锡林浩特地区选用类型5、呼伦贝尔地区选用类型7既可实现预期节能改造目标.

4 结 语

本文通过分析内蒙古地区既有住宅建筑节能改造中常用的窗户的传热系数、窗墙面积比、窗户朝向,探讨研究了内蒙古地区既有住宅建筑节能改造中不同类型的窗户的采暖期建筑能耗值.通过设定节能参数 ER 值对各类型窗户进行对比分析.同时在节能改造的资金下,对当地既有居住建筑改造窗户分析,选择最优的窗户类型,更好的推动内蒙古地区既有居住建筑节能改造的进行.

表3 呼和浩特、锡林浩特、呼伦贝尔三地窗户的节能率

Tab.3 Window energy saving rate of Hohhot, Xilinhot, Hulunbuir

编号	窗户类型	朝向	ER			ER/造价		
			呼和浩特	锡林浩特	呼伦贝尔	呼和浩特	锡林浩特	呼伦贝尔
1	木窗	南	70.517	93.50	113.85	0.141	0.187	0.227
		北	160.99	218.25	250.53	0.321	0.436 5	0.501
2	钢窗	南北						

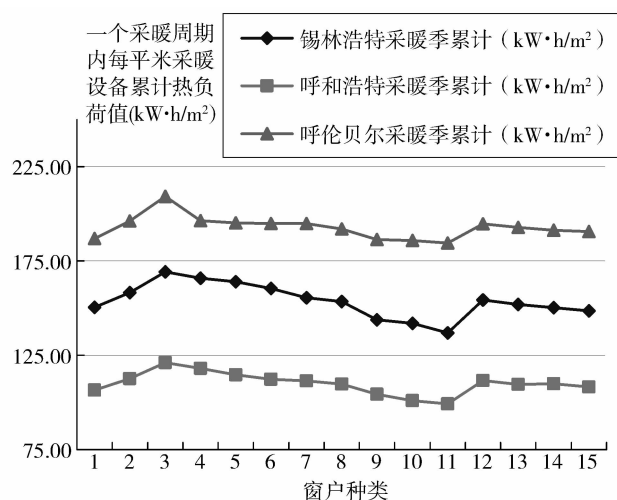


图3 三个城市各类型窗一个采暖周期内采暖设备每平米累计热负荷值统计图

Fig.3 Each type of window's heating equipment in a heating period per square meter accumulating heat load value diagram of the three cities

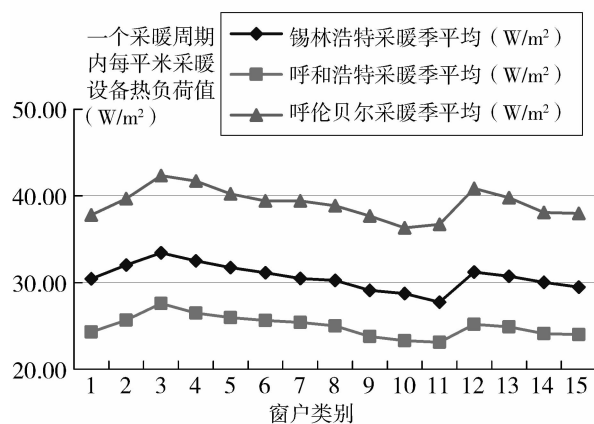


图4 三个城市各类型窗一个采暖周期内采暖设备每平米热负荷值统计图

Fig.4 Each type of window's heating equipment in a heating period per square meter heat load value diagram of the three cities

(续上表)

编号	窗户类型	朝向	ER			ER/造价		
			呼和浩特	锡林浩特	呼伦贝尔	呼和浩特	锡林浩特	呼伦贝尔
3	铝合金	南	-100.11	-132.6	-161.1	-0.31	-0.414	-0.503
		北	-235.09	-296.4	-347.6	-0.73	-0.926	-1.08
4	PVC	南	109.928	148.25	180.22	0.549	0.741	0.901
		北	266.123	340.26	397.84	1.33	1.701	1.98
5	PVC	南	127.293	170.75	207.77	0.53	0.711	0.866
		北	306.6	391.89	459.42	1.28	1.633	1.915
6	PVC	南	182.82	188.58	217.34	0.51	0.523	0.776
		北	321.39	432.51	342.51	0.89	1.201	1.223
7	PVC	南	203.426	207.17	223.67	0.535	0.545	0.588
		北	338.885	776.54	550.57	0.892	2.043	1.448
8	PVC	南	251.453	255.32	291.28	0.599	0.607	0.693
		北	369.18	618.78	618.78	0.879	1.473	1.473
9	PVC	南	182.3	217.62	231.41	0.424	0.484	0.514
		北	405.1	486.56	768.65	0.903	1.081	1.708
10	PVC	南	209.8	262.88	403.85	0.381	0.471	0.703
		北	458.3	595.02	727.02	0.833	1.081	1.32
11	PVC	南	210.6	224.65	212.91	0.383	0.408	0.387
		北	503.5	645.98	731.69	0.915	1.174	1.33
12	隔热型材	南	35.03	47.11	55.57	0.07	0.094	0.111
		北	83.42	372.21	122.64	0.166	0.744	0.245
13	隔热型材	南	70.51	78.56	113.85	0.141	0.157	0.228
		北	168.9	403.54	250.53	0.798	0.807	0.501
14	隔热型材	南	121.1	146.85	215.6	0.302	0.367	0.539
		北	121.9	467.92	216.09	0.305	1.169	0.540
15	隔热型材	南	79.72	191.66	147.91	0.189	0.456	0.352
		北	223.1	499.38	367.76	0.531	1.169	0.875

参考文献 References

- [1] 潘 振. 窗户传热系数试验室测试与数值模拟计算 [C]//第十届全国建筑物理学术会议论文集, 2008:496-499.
PAN Zhen. The window heat transfer coefficient laboratory test and numerical simulation [C]//journal of tenth national building physics academic conference proceedings, 2008.
- [2] 邹惠芬, 王国业, 郭立杰, 等. 严寒地区窗户热工性能对建筑能耗的影响分析 [J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2009, 25(5): 982-986.
ZOU Hui-fen, WANG Guo-ye, GUO Li-jie, et al. The thermal performance of window's influence to building energy consumption analysis in cold area [J]. Journal of shenyang architectural university: natural science edition, 2009, 25(5): 982-986.
- [3] 陈亚芹, 王苏颖, 狄洪发. 住宅窗户的节能研究 [J]. 太阳能学报, 2006, 27(1): 101-105.
CHEN Ya-qin, WANG Su-ying, DI Hong-fa. Residential window energy saving [J]. Journal of solar energy, 2006, 27(1): 101-105.
- [4] 茅 艳, 刘加平. 寒冷地区住宅窗户节能技术 [J]. 工业建筑, 2006, 36(1): 11-13.
MAO Yan, LIU Jia-ping. Residential window energy saving technology in cold area [J]. Industrial building, 2006, 36(1): 11-13.
- [5] 刘 军. 高效节能窗系统与建筑节能 [J]. 建筑节能暖通空调, 2005(8): 35-38.
LIU jun. High efficiency and energy saving window system and building energy saving [J]. Architectural energy saving hvac, 2005(8): 35-38.
- [6] 魏 玲, 何嘉鹏, 阎丽萍. 中国东部窗户能耗模拟及节能分析 [J]. 南京工业大学学报, 2002, 24(4): 71-73.
WEI Ling, He Jia-peng, YAN Li-ping. Window energy consumption simulation and energy saving analysis in eastern China [J]. Journal of nanjing university of technology, 2002, 24(4): 71-73.

- [7] ZHAO Yang, YAN Zhao, XIAO Li-xu, et al. Analysis and comparison of building energy saving reconstruction in hot summer and warm winter regions of South China and cold regions of North China[J]. *Energy and Buildings*, 2012, 54(12):192-195.
- [8] GUO W, QIAO X, HUANG Y, et al. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone [J]. *Energy and Buildings*, 2012, 50(7):196-203.
- [9] BJARLØV S P, VLADYKOVA P. The potential and need for energy saving in standard family detached and semi-detached wooden houses in arctic Greenland Original Research Article[J]. *Building and Environment*, 2011, 46(8): 1525-1536.

The effect of energy saving window in cold region existing residential building energy saving reconstruction

——using Inner Mongolia as an example

HE Mei^{1,2}, SHI Yan-bo¹

(1. School of Arch., Xi'an Univ of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. State Key Laboratory of Architecture Science and Technology in West China(XAUAT), Xi'an 710055, China)

Abstract: In the existing residential building energy saving reconstruction, the thermal resistance of outside window has big effect on building energy consumption. This research discusses the existing residential building energy saving reconstruction in Inner Mongolia Autonomous Region, and studies energy saving effect of outside window with different performance. At the same time, this research uses the DEST software to simulate winter heating load value of energy saving window in common use, and then the energy saving rate was compared of the room with different orientations. Through comprehensive analysis, and to meet the existing residential building energy saving reconstruction cost requirements and energy saving specification, this research provides some relevant basis to existing residential energy conservation transformations for different regions of Inner Mongolia Autonomous Region.

Key words: *heat transfer coefficient; window energy saving reconstruction; the heating load; energy saving contrast parameter*

Biography: HE Mei, Associate Professor, Xi'an 710055, P. R. China, Tel:0086-29-82202943, E-mail: he_mei_01@163. com

(上接第 553 页)

Study of safety management based on near-miss theory in highway special maintenance project

TIAN Wei, LI Hui-min, YAN Rui-qi, HU Yun-xiang

(School of Civil Eng., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: As the special maintenance projects of highways are in constant growth, the safety problems at the construction stage becomes more and more obvious. To reduce accidents in the special maintenance work zones and improve the transportation ability and construction safety, the safety management system of the highway special maintenance project is set up based on Near-Miss Theory, which asserts that Near-Miss safety management process is achieved in "Quartet Management" mode of special maintenance project. And as a result, the revised safety management mode of highway special maintenance project is formed. This management mode "management from problem" turning to "management by insight" may meets fundamental need of the safety management in the special maintenance projects.

Key words: *special maintenance project; Near-Miss management; safety management; "quartet Management" mode*

Biography: TIAN Wei, Candidate for Ph. D., Xi'an 710055, P. R. China, Tel:0086-18691526190, E-mail: 469559329@qq. com