

# 拉萨市附加阳光间式住宅建筑被动式优化设计研究

李 恩, 杨 柳, 刘加平

(西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 在城镇化的背景下, 拉萨市的居住建筑建设有大规模迅速提高的趋势. 冬季现场调研与热环境测试表明拉萨市现有新建居住建筑多数靠经验自发采用被动式太阳能设计, 但其冬季室内热环境仍然较差. 考虑到随着当地居民生活水平提高及城市化进程的推进, 当地冬季采暖能耗面临巨大增幅的挑战. 以拉萨市分布最广的附加阳光间式居住建筑为基础建立了热工模拟计算模型, 通过模拟分析了影响城市居住建筑冬季采暖能耗的各项被动式设计基本要素, 包括建筑空间布局设计的基本要素与围护结构热工设计的基本要素. 研究结果给当地的新建居住建筑设计提供了具有实际操作意义的建筑节能设计建议.

**关键词:** 附加阳光间; 冬季现场测试; 建筑空间设计要素; 围护结构热工设计要素

**中图分类号:** TU18

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2016)02-0258-07

## Analysis on the passive design optimization for residential buildings in Lhasa based on the case study of attached sunroom system for apartment buildings

LI En, YANG Liu, LIU Jiaping

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

**Abstract:** At the background of urbanization, the real estate scope of Lhasa has had a large-scale expansion. By local measurements, the basic survey and thermal environment measurement were analyzed. The results show that for most of the new residential buildings passive design method were used spontaneously. However, the indoor thermal environment still needs to be improved. Along with the boost of urbanization and the living standard enhancement of local people, the city is faced with the problem of huge increasing of the heating energy consumption. The basic simulation model of attached solar space system was established from the common and widely spread residential buildings, and the basic elements of passive design were analyzed by the simulation, including the elements of architectural space design and the elements of envelope thermal performance design. The result gives practical suggestions of energy saving method for the local residential building design.

**Key words:** Attached solar space; winter field measurement; design elements of architectural space; design elements of environmental thermal performance

拉萨市平均海拔为 3 658 m. 年平均气温为 7.8℃, 最热月七月的平均温度为 15.5℃, 最冷月一月的平均温度为 -1.6℃<sup>[1]</sup>. 拉萨气候具有典型的高原城市气候特征. 太阳辐射强烈, 空气洁净, 气压低, 空气含氧量低, 气温日较差大, 冬季平均温度并不是很低且采暖期长<sup>[2]</sup>. 当地自然资源匮乏. 资料表明<sup>[3-5]</sup>, 拉萨居住建筑建设规模在城镇化背景下正在大规模迅速提高, 当地居民的生活水平与方式逐步向内陆经济发达城市靠拢. 城市建筑采暖能耗增加有不可避免的趋势. 在当地自然条件与社会经济条件的双重约束下, 居住建筑利用高效被动式太阳能系统来缓解冬季采暖能耗大幅提高是当地避免能耗无序增长, 实现可持续发展的途径之一.

对于拉萨民用建筑热环境设计与节能设计问题的研究, 国内多位学者从不同角度做出了大量工

作. 文献<sup>[6]</sup>分析了西藏太阳辐射对于室内供暖负荷的影响, 解决了藏区供暖设备符合匹配与选择问题. 文献<sup>[7]</sup>以藏西南地区为目标, 通过对建筑外墙的稳态与动态传热计算的数值分析, 解决无辅助热源太阳能采暖的应用可行性问题. 文献<sup>[8-9]</sup>解决了室外综合温度对拉萨实体外墙传热的不同影响问题. 文献<sup>[10]</sup>详细论述了太阳辐射对于当地朝向修正系数的影响, 解决了热工计算时的设计精度问题.

总体而言, 拉萨民用建筑热环境与节能设计研究目前已有成果大多以围护结构的热物理性能、热工设计控制指标及围护结构传热优化算法作为主要研究对象, 提出了对应的围护结构热工设计方案或者更精准的热工计算方法. 研究结果对控制当地冬季采暖能耗做出了巨大贡献. 各项研究为本研究提供了一定的启示与思路. 然而, 目前还没有研究

收稿日期: 2015-09-28 修改稿日期: 2016-04-08

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金资助项目 (教外司留 (2014) 1685 号); 西安建筑科技大学校人才科技基金资助项目 (RC1439)

国家“十二五”科技支撑计划项目 (2014BAJ01B01)

作者简介: 李 恩 (1982-), 男, 博士, 讲师, 主要从事被动式太阳能设计、建筑节能设计方面研究. Email: lien801@163.com

从建筑空间设计角度出发,结合围护结构热工性能对拉萨居住建筑进行被动式优化设计.本研究以拉萨附加阳光间式住宅为对象,综合建筑户型设计各项要素与围护结构热工设计要素进行被动式优化设计分析,研究结果能给当地此类居住建筑设计提供具有实际操作意义的建筑节能设计指导建议.

## 1 拉萨市集合式住宅建筑热环境测试概况

由于特殊的地理气候条件,以及社会、经济等原因,拉萨高层建筑相对较少,城区的住宅类建筑大致分为两种:集合式单元房和连排式别墅.拉萨常见的集合式住宅类型为四层三个单元,每个单元一梯两户的类型.连排式别墅指当地政府一项名为“安居苑”的福利性工程.连排式住宅建筑多数为两层小楼附带一个院子,建筑面积在  $200\text{ mm}^2$  以下.

前期调研表明,当地城镇居住建筑在建造时一定程度上依靠经验采用了被动式太阳能设计的某些手法.然而在使用过程中依然存在各种问题.本文的研究对象是当地城镇住宅中分布较广的附加阳光间式住宅,作为对比,另选取一户直接受益窗式住宅进行对比测试分析.

### 1.1 测试简介

课题组针对拉萨及周边地区的居住建筑进行了持续的研究.2007~2015年期间多次对拉萨市进行居住建筑热环境的现场测试与问卷调查.测试对象分为:农村独院式住宅、市区集合式住宅以及联排式别墅“安居苑”.实地测试内容包括室内外温湿度测试、太阳辐射强度测试以及房间壁面温度测试.问卷调查的主要内容包括建筑时间,常住人口,建筑面积,热感觉,服装热阻,房间热环境评价与建议,以及今后随着经济收入的增长,居民对居住环境的更高要求等信息.由于本文关注重点所限,文章以两户城镇集合式住宅为例介绍其冬季的室内温湿度测试情况.

### 1.2 测试结果分析

两栋建筑均朝南向,砖混结构.住宅A建成于1990年,外墙为450 mm厚石砖,无保温,内墙为210 mm厚石砖.住宅B建成于2001年,属于拉萨典型的单元式住宅建筑,其外墙采用240 mm厚实心混凝土砌块,无保温层,两户均未采暖.

住宅A和住宅B的测试时间为2009年11月22日上午11:00至11月24日上午11:00.图1为两户住宅的户型图及温度测试结果.两户室内温度的

测试结果中的数字序号(如No.5)为温湿度记录仪的编号,在图1相应的户型图中对应的位置放置.由室内温度的对比分析可知,住宅A和B的室内热环境差别较大.住宅A在测试期间的室内平均温度测试结果罗列如下:记录仪No.5(南向), $9.82\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;记录仪No.4(北向), $7.49\text{ }^{\circ}\text{C}$ .同期住宅B的测试结果:记录仪No.1(南向), $16.91\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;记录仪No.2(南向), $15.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;No.6(南向), $14.38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;No.3(北向), $13.32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;No.13(室外), $4.38\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

由户型图可以看出两户都采用了一定程度的被动式太阳能利用手段.但是两户的北向房间室内温度都偏低,室内热环境有待改善.住宅B相对较新,属于拉萨市现有城市住宅的典型代表,直接受益窗、阳光间的设计以及新型建筑材料的使用对改善住宅B的室内热环境有较为明显的作用.而住宅A建造时间较久,没有阳光间的设计,南向得热面相对较小,室内温度相对较低.

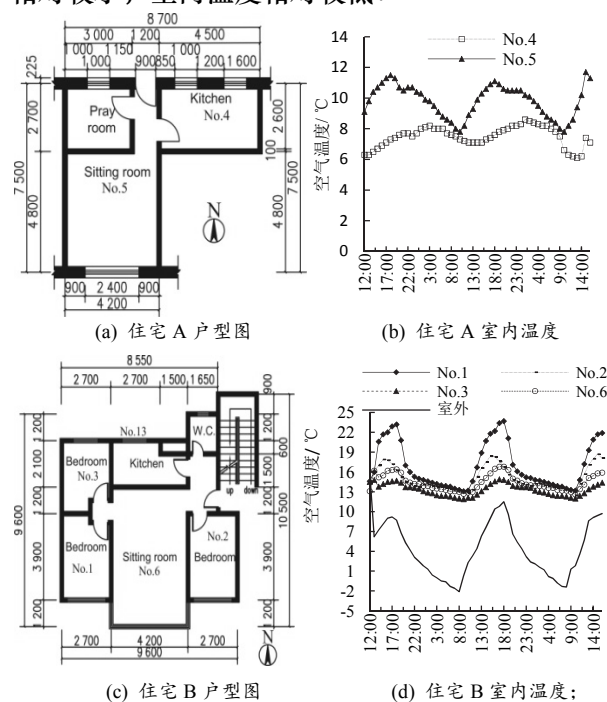


图1 测试住宅信息:

Fig.1 Housing measurement information:

## 2 附加阳光间式太阳房被动式设计要素对室内热环境影响分析

在实际建筑设计流程中,空间设计是其中的主要内容.同时,围护结构的热工设计是影响建筑能耗的重要因素.本文从建筑空间设计与围护结构热工性能设计两方面讨论附加阳光间式太阳房的被动式设计要素对冬季采暖能耗的影响.

2.1 计算模型介绍

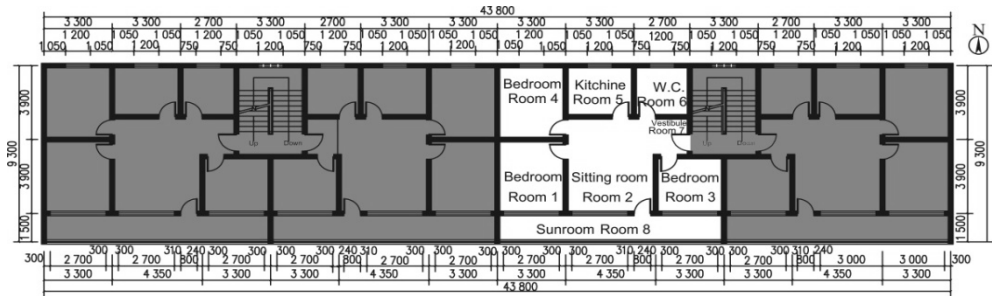


图 2 计算模型标准层平面图  
Fig.2 Standard floor plan

基本模型由拉萨市常见的单元式住宅为例生成,共 4 层,层高 3 m,南向外墙窗墙面积比 0.58,北向 0.18,体型系数 0.36.图 2 为基础模型标准层平面图.计算户型为图中白色标示户型,如图示,计算对象在建筑内部,户型左右及上下均与其他户型拼接.模型的构造形式如表 1 所示.文中如无特殊说明,计算模型无保温,朝向南向.

表 1 基础模型构造  
Tab.1 Configuration of basic model

构造	厚度/ m	导热系数/ $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	比热容/ $J \cdot (kg \cdot K)^{-1}$
外墙	石灰砂浆	0.015	0.810
(由内	灰砂砖	0.370	1.100
至外)	水泥砂浆	0.150	0.810
窗	单玻	0.006	0.760
楼板	钢筋混凝土	0.100	1.740
			920

2.2 附加阳光间式住宅单体建筑设计要素分析

影响被动式太阳房冬季采暖能耗的因素有很多,包括:室外空气温度,太阳辐射强度,建筑平面布局,建筑外窗类型与窗墙面积比,外围护结构热工性能等.如果对以上所有因素之间的相互影响同时分析,则排列组合太多,计算量太大,无法确定最终结果.为简化计算,上述要素可以简化为建筑自身基本参数,包括:建筑设计要素如建筑朝向、阳光间进深、开间进深组合设计;以及围护结构热工设计要素如外窗材质、围护结构保温性能等.

本文模拟工具采用日本 THERB 软件.THERB 是计算室内温湿度,热负荷及评价室内热环境等的动态计算软件,已经过日本建筑协会及日本国土交通省制定的关于日本住宅环境品质确保与促进法规的认定<sup>[11-12]</sup>.软件设定如下:计算步长为 1h,通风状况为所有房间 0.5 次/h,内外表面换热系数分别为  $8.7 W/m^2K$  与  $23 W/m^2K$ ,采暖房间为图 2 中 Room1-Room7,阳光间不采暖.

计算分析拉萨采暖期内各模型的采暖能耗,拉萨采暖期为 130 d,但为便于计算,采暖周期采用整数月,即 11 月 1 日到 2 月 28 日不间断采暖.室内

设定温度为  $18^{\circ}C$ ,室外参数采用文献<sup>[13]</sup>.

2.2.1 采暖能耗随建筑朝向变化规律分析

实地调研表明当地基本上所有的住宅建筑均朝南向,这样对太阳能采暖非常有利.然而随着当地社会经济的发展及城市化进程的推进,拉萨很有可能跟其他城市一样面临市区土地紧缺的问题,因此本文针对建筑朝向与采暖期能耗的关系进行模拟分析.表 2 为朝向计算模型的基本信息.

表 2 朝向计算模型信息  
Tab.2 Aspect models information

外窗材质	阳光间进深	朝向模型数量
6 mm 单	1.5 m	24 (每 $15^{\circ}$ 一个)

按照朝向每  $15^{\circ}$  设置一个模型,模拟共设置 24 个模型.朝向  $0^{\circ}$  为正南向, $90^{\circ}$  为正西向, $180^{\circ}$  为正北向, $270^{\circ}$  为正东向.图 3 为计算结果.

如图 3 所示,在正南,正西,正北,正东四个朝向中,正南向的采暖季能耗最小.正北向模型的能耗大于正南向,小于正东、正西向.这是由于在正北向模型中,原本朝向北侧的外窗变为朝向南方.与正东正西模型相比,建筑能够接收太阳直射辐射的外窗面积相对较大.

模拟结果显示,当建筑物朝东西两个方向时,建筑的采暖能耗明显增加.意味着今后面临土地资源限制时,若户型设计必须朝东西向,则建筑物应当对户型及围护结构的热工性能进行专门设计以应对朝向带来的能耗问题.

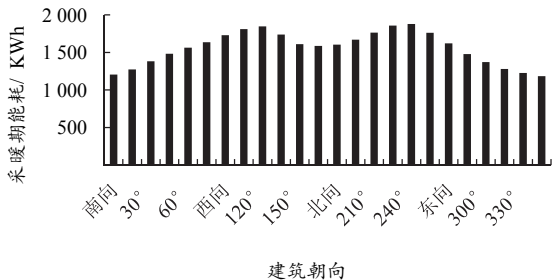


图 3 不同朝向阳光间模型的采暖能耗模拟结果  
Fig.3 Simulation result of heating consumption in different orientation of Sunroom models



2.2.2 采暖能耗随阳光间进深变化规律分析

通常住宅建筑设计中,阳光间也被称为南向封闭阳台.在建筑空间设计中,阳台的功能较为丰富,例如景观,采光空间等等.从建筑设计角度,满足其使用功能要求是第一位的.同时阳光间作为被动式设计的一个关键集热构件,获取太阳能是其设计要求的重点.阳光间的进深设计除了会影响其使用功能外,也会影响集热效果.本文对阳光间的进深设计对采暖能耗的影响进行模拟计算分析.

图 4 为两个不同进深阳光间模型的示意图.图 4 (a) 为阳光间进深 0.6 m 的模型,图 4 (b) 为阳光间进深 2.4 m 的模型.表 3 为不同进深阳光间模型的基本信息,本计算案例中共有 5 个阳光间进深计算模型.其中阳光间进深 0 m 案例意为没有阳光间设计,户型呈现直接受益式太阳房形式.建筑模型的热工设定在前文及表格 3 中已有说明.



图 4 阳光间进深模型示意图

Fig.4 Schematic diagram of the sunroom depth models:

表 3 阳光间进深计算模型信息

Tab.3 Information of sunroom depth models

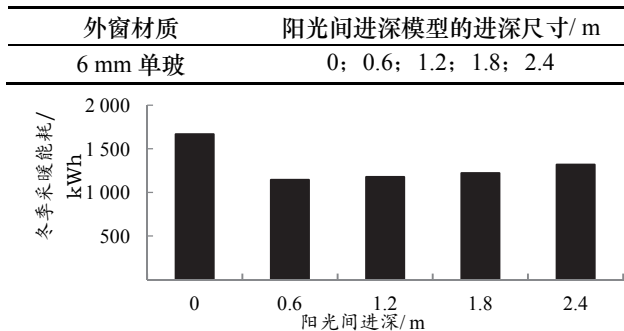


图 5 阳光间进深模型计算结果

Fig.5 Simulation results of sunroom depth models

图 5 为模拟计算结果.如图所示,与阳光间进深为 0 的模型(直接受益式模型)相比,阳光间模型的能耗相对较小.阳光间模型之间对比,随着阳光间进深增大,采暖季计算能耗呈现增大趋势.因此从建筑采暖能耗削减角度考虑,阳光间的进深尺寸越小越好.然而阳光间作为一个建筑空间有其固有的建筑功能,因此在满足使用功能的前提下,阳光间的进深应该控制为较小的尺寸.在本文计算案例中,进深 1.2 m 与 1.8 m 为较适宜的进深尺寸.

2.2.3 采暖能耗随户型开间进深组合设计变化规律分析

在相同面积下,建筑平面布局可以由不同的开间进深组合而成.在建筑空间组合理论中,大进深设计被认为能够节约土地资源.在建筑节能理论中,定性分析,不同的建筑形体设计有不同的南向太阳能集热面积及不同的南、北向失热面积.因此,增加面宽对于建筑节能而言,既有积极影响,又有消极影响.为了更清楚的了解建筑平面设计中的面宽进深组合设计与其采暖能耗之间的关系,图 6 展示了三个平面布局组合的模型,表 4 为模型信息.

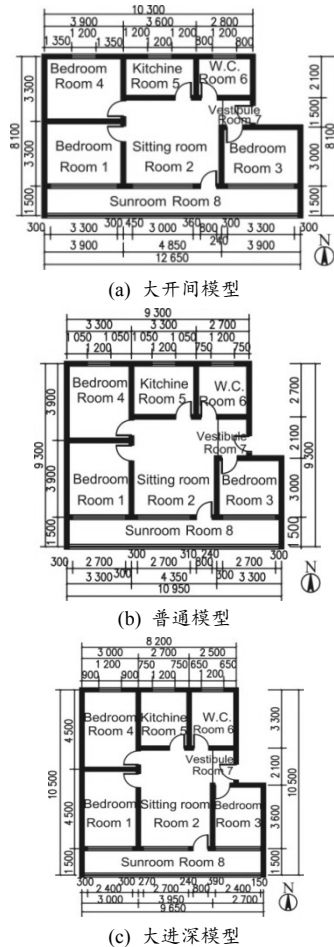


图 6 相同面积下不同开间进深组合模式示意图

Fig.6 Different unit shape design for attached sunroom models with same layout area

表 4 户型开间进深组合模型信息  
Tab.4 Information of layout models

外窗材质	平面布局设计模型	阳光间进深/m
6 mm 单玻	大开间; 普通; 大进深	1.2

计算结果如图 7 所示, 在前述计算条件下, 大进深单元的采暖能耗最低. 但模型间差异较小, 能耗最低值大进深单元与能耗最高值大开间单元相比, 采暖能耗减少量为 8%. 考虑到在建筑学理论中大进深设计能够相对节约土地. 因此建议在户型设计中采用大进深设计. 需要说明的是, 计算结果基于主要房间全采暖设计, 在无采暖情况下, 北向房间的热环境很差. 在进行大进深户型设计时应尤其注意这一点.

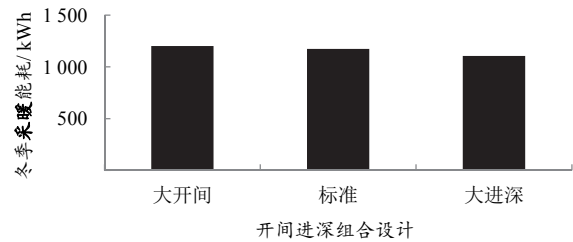


图 7 开间进深组合模型采暖能耗计算结果  
Fig.7 Simulation results of different unit shape design models with same area

2.3 附加阳光间式住宅单体围护结构热工设计要素分析

2.3.1 采暖能耗随外窗材质变化规律分析

建筑围护结构中的透明部分是建筑物获得太阳直射辐射的主要来源, 同时外窗也是建筑失热的主要途径. 外窗的材质不同, 其热工性能有较大差异, 为了得到外窗材质对拉萨居住建筑的能耗影响, 本文针对外窗的类型进行模拟分析. 表 5 为单玻、双玻与 low-e 窗 3 种不同外窗构造模型的基本信息. 围护结构其他热工性能及建筑模型信息已在 3.1 节中论述.

表 5 外窗材质计算模型信息  
Tab.5 Information of windows materials

窗类型	窗构造 (由内至外)
单玻窗	6 mm 玻璃
双玻窗	①6 mm 玻璃; ②空气层 10 mm; ③6 mm 玻璃
Low-e 窗	①6 mm 玻璃; ②Low-e 镀膜; ③空气层 10 mm; ④6 mm 玻璃

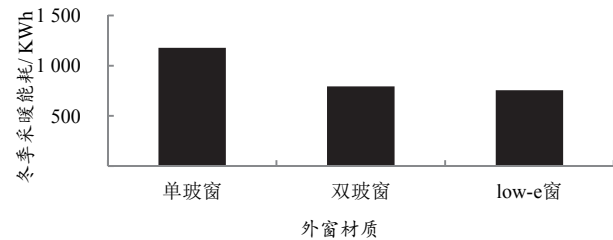


图 8 外窗材质模型采暖能耗计算结果  
Fig.8 Simulation results of windows materials models

图 8 为计算结果, 如图所示, 三个计算模型的采暖季能耗差别较大. 单玻窗的热工性能最差, 其采暖季的采暖能耗最大. low-e 玻璃模型的能耗最小. 最大值为最小值的约 1.5 倍. 双玻窗的能耗为中间值, 且其与 low-e 窗能耗差别相对较小.

3.3.2 外墙热阻与外窗材质综合作用下的建筑采暖能耗变化规律分析

在一般的建筑热工设计中, 实体墙的保温性能是影响建筑采暖能耗的重要因素之一. 本节结合外窗类型及外墙保温性能的共同作用, 模拟计算在两者共同作用下模型的采暖能耗变化规律. 表 6 为外墙热阻与外窗类型的计算模型基本信息. 其他计算条件同前.

表 6 外墙热阻与外窗类型模型信息  
Tab.6 Information of external wall thermal resistance and windows types models

EPS 保温层厚度/ cm	窗材质	阳光间进深/ m
0; 2; 4; 6;	单玻; 双玻; Low-e	1.2

图 9 为模拟计算结果. 从图中明显可以看出无论是单玻窗、双玻窗还是 low-e 窗模型, 外墙保温层 0~2 cm 时, 建筑的采暖能耗均有明显的下降. 且随着保温层厚度的增加, 能耗越来越小. 但是各组中能耗差最大的两个模型均出现在保温层 0~2 cm 变化时. 随着保温层厚度的增加, 节能率的增幅越来越小. 说明对于当地居住建筑节能设计而言, 对于外墙保温设计, 第一步应该解决从无保温设计到有保温设计的情况.

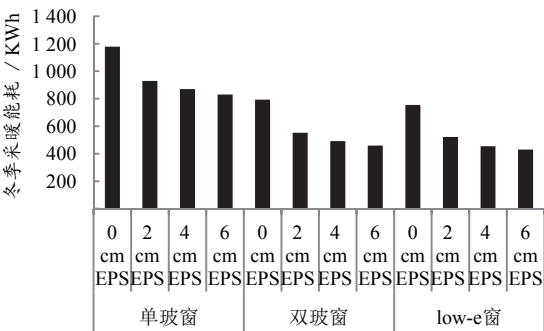


图 9 外墙保温与外窗材质组合模型采暖能耗计算结果  
Fig.9 Simulation results of the thermal resistance and windows material models

三种外窗类型组别之间能耗进行对比, 单玻窗模型明显大于双玻窗模型与 low-e 窗模型. 总体来讲 low-e 组各个模型能耗相比较另外两种外窗材质组的对应模型来说, 能耗最小. 分析外墙热阻相同条件下外窗材质对能耗的影响可知, 外窗类型由双玻

窗变为 low-e 窗的节能量小于由单玻窗变为双玻窗时的节能量。考虑到 low-e 窗的实际成本问题,当地建筑节能策略在外窗上第一步应该表现为先将单玻窗换为双玻窗。

最后,需要说明的是,文中的所有计算结果基于前文的设定条件。其中,模拟户型位于中间楼层的中间位置对于建筑能耗的影响较为重要。如果计算对象为建筑的端头或者顶层及底层,计算结论将会有所差异。另外,由于实际条件的限制,文中的模拟计算结果无法与当地实际建筑采暖能耗进行对比分析。但是通过对基本模型进行采暖能耗的稳态计算对比分析,计算结果与软件模拟趋势一致,模拟结论是可靠的。

### 3 附加阳光间式太阳房被动式设计要素优化效果对比分析

#### 3.1 附加阳光间式太阳房模型被动式设计要素优化方案

实际住宅建筑设计项目中,户型千变万化,影响要素繁多,面临的矛盾各不相同。很难通过针对某一数字模型的优化描述来确定住宅建筑的节能设计最优方案。但是在目前我国大多数建筑设计院的设计流程中,影响建筑物单体设计的各项要素总有改善的余地,结合文章第三节的研究内容,分别建立两个附加阳光间式太阳房计算模型,对文章研究内容进行采暖能耗节能效果验证分析。基础模型为3.1节中描述的基本模型,以文章第三节内容为依据进行基础模型的能耗改造设计。改进方案如下:依照实地调研的情况,建筑朝向不做变动;阳光间进深由1.5 m减小至1.2 m。考虑到当地的单元式集合住宅并未采用能耗大的大开间设计,因此,开间进深组合设计保持不变。外窗材质方面,考虑到当地的经济承受能力,将基础模型中的单玻窗优化为双玻窗。外墙热阻方面,基于同样的考虑,采用计算案例中2 cm保温层的做法。

#### 3.2 节能效果验证对比分析

为了验证优化模型的改善效果,对两个模型进行对比分析。采暖期等各项计算参数同3.1节所述,在此不再重复。

在计算条件下,模拟结果如下:原模型的采暖季采暖能耗为1 024.7 kWh,改进模型的采暖季采暖能耗为551.7 kWh。改进模型与原始模型的采暖能耗对比减少了54%。计算结果表明上述能耗改进方案能够大幅降低建筑的采暖能耗。应该在当地的阳

光间式住宅建筑中推广。

## 4 结论

通过上面的分析,对于拉萨市的多层居住建筑可以得到以下几个结论:

(1) 拉萨市住宅建筑朝向能够大幅影响建筑的采暖能耗。南向是建筑节能的最有利朝向;若无法朝南,需要进行额外的节能设计;

(2) 在南向阳光间进深设计中,有阳光间设计明显比同等条件下无阳光间设计有利于节能。同时,随着阳光间进深的增大,建筑能耗有增大趋势。考虑到阳光间的功能,1.2 m进深比较合适;

(3) 在相同面积下,大进深设计比大开间设计更有利于节能。但是各个模型之间能耗差别不大;

(4) 外窗热工性能的改善能够有效降低建筑采暖能耗。建议不再使用单玻窗;

(5) 外墙热工性能研究表明,有无外墙保温对于模型的采暖能耗差有重要影响。有保温设计能够明显降低采暖能耗。同时随着保温层的增厚,模型间的能耗差越来越小。说明当地保温设计的第一步应该是从零保温层到有保温设计的推进方式。

最后,由于篇幅所限,本文只进行了拉萨市常见的居住建筑中的一种类型的模拟计算,并且只进行了附加阳光间式太阳房的设计要素优化分析,对于其他类型的居住建筑的被动式优化分析,将在今后的研究中进行。

## 参考文献 References

- [1] 杨柳,朱欣荣,刘艳峰,等. 西藏自治区《居住建筑节能设计标准》编制说明[J]. 暖通空调,2010(09):51~54.  
YANG Liu, ZHU Xinrong, LIU Yanfeng, et al. Review of design standard for energy efficiency of residential buildings in Tibet autonomous region[J]. HV&AC. 2010(09): 51~54.
- [2] LI En, AKASHI Yasunori, LIU Jiaping. Design methodology of energy saving building in developing cities—the geography, climate, society and indoor environment of Tibet[J]. Journal of Habitat Engineering, 2009,1(1):125~134.
- [3] LI EN. Passive design strategy on residential buildings for sustainable development of Lhasa[D]. Fukuoka: Kyushu University, 2013.
- [4] 拉萨市统计局. 拉萨统计年鉴 2009[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.  
Bureau of Statistics of Lhasa. Lhasa statistical yearbook 2009. Beijing: China Statistics Press, 2010.
- [5] 拉萨市统计局. 拉萨统计年鉴 2010[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.  
Bureau of Statistics of Lhasa. Lhasa statistical yearbook 2010. Beijing: China Statistics Press, 2011.
- [6] 王磊. 西藏地区被动太阳能建筑采暖研究[D]. 成都:

西南交通大学, 2008.

WANG Lei. Study on the passive solar heating building in Tibet[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2008.

- [7] 肖伟. 藏西南边远地区直接受益式太阳能采暖研究[D]. 北京: 清华大学, 2010.

XIAO Wei. Study of the direct gain solar heating in remote southwest Tibet[D]. Beijing: Tsinghua University, 2010.

- [8] 李恩. 太阳能富集地区居住建筑墙体节能分析与构造优化[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.

LI En. The energy saving analysis for residential building walls and optimization of solar energy reception of structures in areas of high exposure[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2008.

- [9] 桑国臣. 青藏高原低能耗居住建筑构造体系研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2009.

SANG Guochen. Study on construction system of low energy consumption residential buildings in Tibet Plateau[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2009.

- [10] 王东. 西藏节能居住建筑围护结构传热系数的修正系数

研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2006.

WANG Dong. Research on correct factor of envelope k factor for energy efficiency resident building in Tibet [D]. Chongqing: Chongqing University, 2006.

- [11] OZAKI A, WATANABE T, TAKASE S. Simulation software of the hydrothermal environment of buildings based on detailed thermodynamic models[C]//eSim 2004 of the Canadian Conference on Building Energy Simulation. Vancouver (Canada): CANMET Energy Technology Branch, 2004.

- [12] OZAKI A, WATANABE T. Simulation software to describe the thermal environment of residential buildings based on detailed physical models [C]//eSim 2001 of the Canadian Conference on Building Energy Simulation. Vancouver (Canada): CANMET Energy Technology Branch, 2001.

- [13] GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

GB50736-2012 Design code for heating ventilation and air conditioning of civil buildings [S]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2012.

(编辑 沈波)

(上接第244页)

#### 4.3 广场内主体建筑的尺度

百脑汇电脑城是场地内唯一的大型建筑。卡米洛·希泰的“十分之一理论”提到: 广场宽度的最小尺寸等于主要建筑物的高度, 最大尺寸不超过其两倍 ( $1 \leq D/H \leq 2$ )。现场调研数据显示, 广场宽度最小尺寸为 18 m, 最大尺寸为 60 m, 商城高度为 30 m。依照公式, 可以得知广场最小尺寸过小, 最大尺寸较为合理。

#### 4.4 周边影响因素的控制

诺伯舒兹在《场所精神》中写到“都市主要的元素是中心和路径。广场扮演一个中心的角色, 街道则是路径”。城市道路的尺度决定了广场的人流量, 道路与广场距离过近, 行驶的车辆会干扰到广场边界, 造成拥堵。道路与广场距离过远, 会使广场不易接近, 缺少归属感。所以应当整合广场边界, 在拥有行道树的情况下, 增设小尺度花坛来柔化边缘地带。居住区和学校对人群有一定的地域限制作用, 会使广场周边形成稳定人流, 因为必要性活动的存在, 部分使用者会把穿越广场当作一种习惯。所以在设计时要着重考虑上下班高峰时段的使用者活动频率和场地容量。

#### 参考文献 References

- [1] 扬·盖尔. 交往与空间[M]. 何人可, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.  
YANG Gail. Life between buildings[M]. HE Renke, Translated. Beijing: China Building Industry Press, 2002.
- [2] 凯文·林奇. 城市意象[M]. 方益萍, 何晓军, 译. 北京: 华夏出版社, 2001.  
KEVIN Lynch. Urban image[M]. FANG Yiping, HE Xiaojun, Translated. Beijing: Huaxia Press, 2001.
- [3] 诺伯舒兹. 场所精神[M]. 施植明, 译. 武汉: 华中科技大学出版社, 2010.  
NOBLE Schutz. Site spirit[M]. SHI Zhiming, Translated. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2010.
- [4] 李志民, 王琰. 建筑空间环境与行为[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2009.  
LI Zhimin, WANG Yan. Architectural environment and behavior[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2009.
- [5] 王琰, 李志民. 大学校园广场环境行为调查分析——以西安交通大学康桥苑广场为例[J]. 四川建筑科学研究, 2011(2): 225-227.  
WANG Yan, LI Zhimin. The campus square environment behavior survey and analysis[J]. Sichuan Building Science Research, 2011(2): 225-227.

(编辑 沈波)