

文章编号: 1006-4710(2014)03-0315-05

基于热舒适改善的 陕南乡村民居被动式建筑设计策略

赵钦, 刘蓬晨, 朱轶韵, 桑国臣

(西安理工大学 土木建筑工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 对陕南乡村民居建筑的围护结构特点与室内热状况进行实地调查, 结果显示, 乡村建筑由于缺乏科学设计, 围护结构热工性能差、建筑能耗高、室内热环境不理想等问题尤为突出。结合陕南气候条件, 利用 Ecotect 软件分析各种被动式设计手段对室内热舒适的影响, 以当地的典型砖混民居为例, 对比分析了采用被动式设计技术前后的室内热环境变化, 结果表明, 该地区乡村民居采用适宜性被动式设计技术可有效提高室内热环境质量, 本研究可为陕南及同类地区的乡村民居设计提供理论参考。

关键词: 陕南民居; 室内热环境; 调研分析; 设计策略

中图分类号: TU241.4 **文献标志码:** A

Rural residence passive design strategies in Southern Shaanxi based on improving thermal comfort

ZHAO Qin, LIU Pengchen, ZHU Yiyun, SANG Guochen

(Faculty of Civil Engineering and Architecture, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The field survey is made of building envelope characteristics and indoor thermal conditions of residence in southern Shaanxi. The results show that owing to lack of scientific design in the current rural buildings there are such protruding problems as poor thermal performance of building envelope, high energy consumption, undesirable indoor thermal environment etc. Combined with the climate condition in southern Shaanxi, Ecotect software is used to analyze various passive design methods on the influence of indoor thermal comfort. With the local typical brick-and-concrete construction of residence as an example, a comparative analysis is made of the indoor thermal environment changes by adopting the passive design strategies before and after. The results show that the quality of indoor thermal environment is improved obviously after adopting the suitable passive design strategies and accordingly the research will provide reference for rural residential design in Southern Shaanxi and similar areas.

Key words: residence in Southern Shaanxi; indoor thermal environment; investigation analysis; design strategy

近年, 随着我国经济的高速发展, 城镇化进程不断加速, 能源消耗总量逐年上升。面对有限的资源承载力, 推进建筑节能, 实施可持续发展战略势在必行。目前, 城市建筑已执行相关节能设计标准^[1-3], 使建筑能耗显著降低, 并且室内热环境质量明显提

高。然而, 乡村建筑多为居民自行建造, 缺乏科学设计, 因此, 部分建筑存在着如热工性能差、能耗高、室内热环境不理想等问题。

乡村民居建筑在我国整个住宅建筑中占有较大的比例, 民居建筑的热工性能不仅影响建筑运行过

收稿日期: 2014-05-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51378424); 陕西省社发攻关资助项目(2012K12-04-01); 西安市科技计划资助项目(CX12187-4); 陕西省教育厅科学研究计划资助项目(12JK0901)。

作者简介: 赵钦, 女, 讲师, 博士, 研究方向为 BIM 技术、建筑技术。E-mail: zhaoqin6688@xaut.edu.cn。

程中的能源消耗,而且直接影响到广大乡村居民的人居环境质量。乡村民居的被动式建筑设计策略研究一直被众多学者所重视^[4-6],但已有研究多是普适性的设计思路和方法,因此与建筑的地域属性特征结合并不密切。

本文以陕南乡村民居为研究对象,基于实地调查结果及热舒适焓湿图分析提出适宜性被动式建筑设计策略,以期为陕南及同类地区的乡村民居设计提供参考。

1 陕南民居及热环境现状

课题组于2013年对陕南民居现状进行了实地调研,发现陕南乡村地区现存两大类民居:传统生土民居及简易型砖混民居。图1、图2所示分别为汉中市徐望镇草塘村的传统生土民居及简易型砖混民居。



图1 传统生土民居

Fig. 1 Traditional raw-soil residence



图2 简易型砖混民居

Fig. 2 Simple brick residence

目前,村中传统生土民居仅存少数,大部分民居为村民自建的简易型砖混民居。收入水平的提高,使村民向往城市住宅样式,因而纷纷自建砖混民居取代生土民居。但砖混民居在外观与城市住宅接近的同时,却丢弃了传统民居“冬暖夏凉”、“取材生态”等地域适应性优点。

调研发现,自建砖混民居的屋顶未设置保温层,外墙多为240厚实心粘土砖墙,外窗多为面积较小

的木窗,围护结构的传热系数较大,建筑热工性能差。夏季室内湿热,平均气温约在 28°C 左右,相对湿度为 $70\% \sim 85\%$;冬季室内湿冷,平均气温约在 7°C 左右,相对湿度为 $60\% \sim 80\%$ 。陕南地区属于夏热冬冷地区,调研中发现,由于民居建筑被动式设计的缺失,建筑整体热工性能较差,当地居民只能依赖风扇、火炉等设备以及大量增减衣物,才能维持最基本的热舒适。

2 被动式建筑设计手段对热舒适的影响

自建砖混民居建筑热工性能差、室内热环境质量差,可通过采用被动式建筑设计策略来改善。若根据经验对被动式建筑设计策略进行选择,容易造成对其实际效果把握不够准确,缺乏科学性与系统性。借助Ecotect软件中的气候分析模块Weather Tool^[7],可以结合区域气候条件,分析被动式建筑设计策略对热舒适的影响,从而选择适宜的被动式建筑设计策略。

空气温度、相对湿度、空气流速和环境辐射温度为影响人体热舒适的4个环境因素^[8]。Weather Tool中假定平均辐射温度接近空气温度,空气流速在人体舒适范围内,根据空气温度和相对湿度的组合情况,在焓湿图上划定出热舒适区域^[9],通过热舒适区域面积的大小变化可分析出被动式建筑设计策略对热舒适的影响。

2.1 被动式太阳能采暖

被动式太阳能采暖设计是提高冬季室内热舒适的有效措施,其中直接受益式集热设计具有成本低、简单易行等优点,适用于乡村建筑。直接受益式集热设计对室内热舒适度的影响受窗墙比、围护结构保温性能、门窗气密性等多因素影响,其中,南向窗墙比对室内热环境影响最为显著。

图3是南向窗墙比分别为0.2、0.3、0.5时,室内热舒适区域面积的变化情况。从图中可以看出,采用被动式太阳能采暖后热舒适区域面积有所增加,且窗墙比越大热舒适区域面积增大越多,窗墙比为0.5时,热舒适区域面积已有明显增大。

2.2 围护结构热工性能

围护结构的热工性能对房屋室内热环境质量有很大影响。

通过增强屋顶、外墙、窗户等围护结构的保温性及蓄热性,夏季可以抵抗室外热作用,减少热量进入室内,避免室温过高;冬季可以有效减小房间内的热量损失,提高室内温度。增大围护结构传热阻,可使热舒适区域面积明显增加,如图4所示。

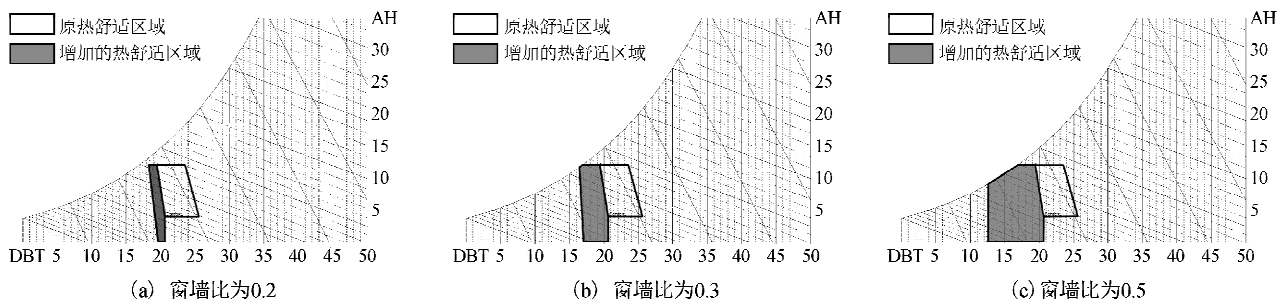


图3 南向窗墙比对室内热舒适区域影响示意图

Fig. 3 The effect of south window wall ratio on indoor thermal comfort zone

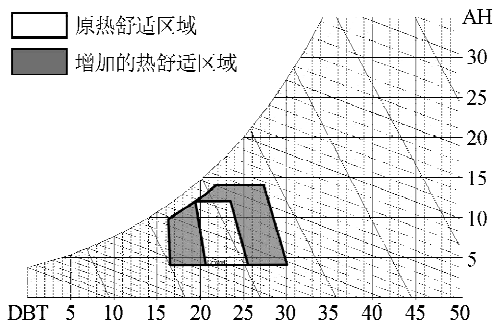


图4 增大传热阻对室内热舒适区域影响示意图

Fig. 4 The effect of increasing thermal resistance on indoor thermal comfort zone

2.3 自然通风

自然通风是一种常见的被动式策略,其最大特点是不用消耗机械功,不需消耗能源,而能达到净化室内空气、降温、除湿的效果^[10]。同时空气流动可以加快人体的汗液蒸发及人体与周围空气的对流换热,使人体感觉舒适。根据我国建筑热工分区的划分,陕南属于夏热冬冷地区,需满足夏季隔热要求,同时兼顾冬季保温要求。因而需要注意夏季自然通风,以改善夏季室内热环境质量。加强自然通风,可使热舒适区域面积显著增大,如图5所示。

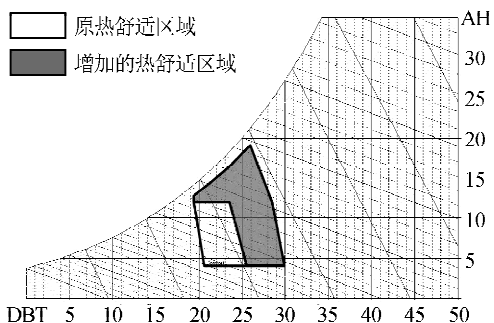


图5 加强自然通风对室内热舒适区域影响示意图

Fig. 5 The effect of strengthening natural ventilation on indoor thermal comfort zone

3 适宜性被动式建筑设计策略

考虑陕南地区的地域特点以及当地经济技术条

件,结合上述分析,提出如下具体适宜性被动式建筑设计策略。

3.1 被动式集热设计

1) 采用合理朝向

太阳辐射为冬季主要自然热源,在很大程度上影响室内温度,选择好的朝向可以使建筑物在冬季获得较多的太阳辐射,提高室内温度,改善室内热环境状况。综合考虑陕南汉中市的气候条件,选择正南方向建造民居为较佳朝向,可充分利用太阳辐射。

2) 采用合理窗墙比

根据上文分析,同时考虑《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》以及《砌体结构设计规范》的要求,采用0.4~0.45的窗墙比,形成南向太阳能直接受益窗。这样,冬季时阳光通过玻璃照射到室内,墙面和地面吸收大部分太阳能并转换成热量,使室内温度升高。

3.2 改善围护结构的热工性能

1) 采用节能外墙

常见的保温外墙构造做法中,外保温外墙、内保温外墙、夹芯保温外墙,属于复合节能墙体,墙体由承重材料和保温材料共同构成^[11]。而自保温外墙属于单一材料节能外墙,墙体由既充当承重材料又充当保温材料的单一节能材料构成。自保温外墙与复合节能外墙相比,做法相对简单,砌筑方便,造价较低,适宜在经济相对落后的乡村地区推广使用。自保温外墙可选用加气混凝土、泡沫混凝土、多孔砖、蒸压粉煤灰砖等作为墙体材料,其中蒸压粉煤灰砖既可利用粉煤灰工业废料资源,又具有较高的墙体强度和良好的保温性能,故选用蒸压粉煤灰砖作为外墙材料用来改善外墙的热工性能。

2) 采用节能窗

外窗是围护结构中热工性能最薄弱的部位,外窗的能耗约占建筑围护结构总能耗的40%~50%,改善外窗的热工性能十分必要。夏季外窗的能耗主要源于太阳辐射得热;冬季外窗的能耗主要包括玻

璃和窗框的传热、窗缝的冷风渗透^[12]。采用节能外窗可有效降低外窗能耗,改善室内热环境质量。节能外窗常用的玻璃材料有普通中空玻璃、热反射玻璃及镀膜玻璃等,常用的窗框材料有木框、塑料框及复合框等。综合考虑陕南乡村地区的经济条件以及地域特点,选用木框双层中空玻璃形式的节能外窗较为合适。但双层中空玻璃的遮阳系数较大,而陕南地区外窗的选择需要兼顾遮阳和保温,故可在窗户内侧增设可调节百叶窗,以防夏季过晒。

3) 设置保温屋面

陕南乡村民居的屋面形式为坡屋顶,在构造层次上基本均未设置保温层,仅在木屋架上直接挂瓦作为防水层,其传热系数很大。为加强屋面的保温性能,应该设置保温层。常用的保温材料有 EPS 板、挤塑聚苯板、膨胀珍珠岩等。针对当地的气候条件,从生态节能角度出发,在木屋架体系以及单层挂瓦屋面这两个构造层不变的前提下,采用黄泥构造的保温层做法,加入一定厚度的现代城镇建筑材料挤塑聚苯板,调整屋面的构造层次。更新后的屋面传热系数较小,屋顶的热工性能得到改善。

3.3 注重自然通风

自然通风的主要形式包括贯流式通风(穿堂风)、单面通风以及中庭通风等。

窗户的开启方式、位置和面积都对自然通风的效果产生影响。对于陕南乡村地区,应选择平开窗,同时增大南向窗户面积,注意窗户的开启角度随风向而变化;在热负荷较大的北向,开小面积高窗。这样,夏季时可以在室内形成穿堂风,获得良好的自然通风效果,同时不会对冬季室内采暖热负荷造成太大影响。

4 被动式设计策略有效性验证

为验证上述被动式设计策略的有效性,采用 Ecotect 软件对陕南汉中市徐望镇草塘村原民居及运用被动式设计策略的改进民居的室内温度进行模拟。

4.1 模型建立

以图 2 所示的当地典型砖混民居为例,采用 Revit-Architecture^[13] 软件建立三维建筑信息模型,该民居包括主卧、次卧、客厅、杂物间等四个区域,如图 6、图 7 所示。

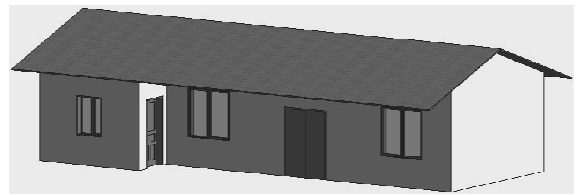


图 6 典型砖混民居建筑信息模型

Fig. 6 Typical brick residence building information modeling

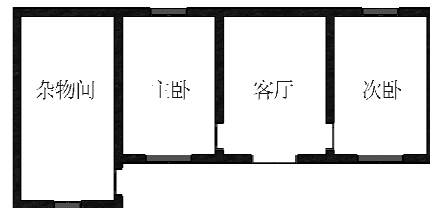


图 7 模型平面图

Fig. 7 The plan of modeling

4.2 室温模拟对比分析

将 Revit-Architecture 所建模型导入 Ecotect 中,加载汉中标准气象数据^[14],按照表 1 所示的不同民居建筑构造来修改模型参数,分别对原民居和改进民居的室内温度进行模拟。

表 1 原民居与改进民居建筑构造

Tab. 1 The building construction of original residence and improved residence

建筑构造	原民居	改进民居
开窗情况	南向窗墙比为 0.3,北向窗墙比为 0.2	南向窗墙比为 0.4;北向开高窗,窗墙比为 0.1
屋顶构造	粘土青瓦(20 mm 厚)	粘土青瓦(20 mm 厚)+黄泥(40 mm 厚)+挤塑聚苯板(50 mm 厚)+黄泥(40 mm 厚)
外墙构造	水泥砂浆(20 mm 厚)+实心粘土砖墙体(240 mm 厚)+水泥砂浆(20 mm 厚)	水泥砂浆(20 mm 厚)+蒸压粉煤灰砖墙体(240 mm 厚)+水泥砂浆(20 mm 厚)
外窗构造	普通玻璃(6 mm 厚)	普通玻璃(6 mm 厚)+空气层(12 mm 厚)+普通玻璃(6 mm 厚)

图 8 为两民居主卧区域全年典型日的室内逐时温度对比图。图 8(a)为最热日不同民居的室内逐时温度对比图,从图中可以看出,改进民居全天室内温度波动较小,热稳定性较好,且下午最热时段内(13:00~18:00)改进民居的室内温度低于原民居的

室内温度;图 8(b)为最冷日不同民居的室内逐时温度对比图,从图中可以看出,改进民居全天的室内平均温度高于原民居,且温度波动小,热稳定性较好。整体上,相比于原民居,在不额外增加能耗的情况下,改进民居的室内热环境质量得到了提高。

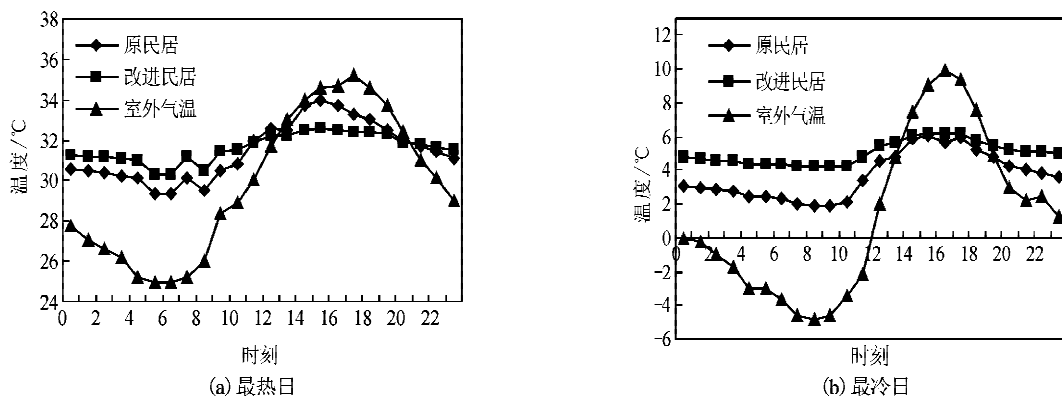


图8 原民居与改进民居典型日室内外逐时温度对比图

Fig. 8 Indoor and outdoor hourly temperature comparison of original residence and improved residence in typical day

5 结 论

被动式建筑设计可以在不使用机械设备、不消耗能源的情况下,使建筑充分适应地域气候条件,营造出舒适健康的室内热环境,对于推动人居环境可持续发展具有重要作用。本文着眼于占全国住宅建筑比例较大的乡村民居,以陕南地区为研究对象,针对陕南汉中乡村典型砖混民居实地调查出的建筑热工性能差、能耗高及室内热环境差等问题,从利用太阳能采暖、改善围护结构热工性能、加强自然通风三个角度出发,因地制宜,在不造成居民过高经济负担的基础上,提出合理建筑朝向、窗墙比、窗位置、节能外墙、节能窗、保温屋面等一系列被动式建筑设计策略,并通过模拟分析证明所提策略可以有效提高陕南乡村民居的室内热环境质量,对于改善陕南居民的人居环境质量,促进陕南民居建设的可持续发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] JGJ134-2010 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [2] JGJ26-2010 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [3] 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.
- [4] 杨柳,刘加平.利用被动式太阳能改善窑居建筑室内热环境[J].太阳能学报,2003,24(5):605-610.
Yang Liu, Liu Jiaping. Improvements of thermal environment of traditional yaodong dwellings with solar energy[J]. Acta Energetica Solaris Sinica, 2003, 24(5): 605-610.
- [5] 朱铁韵,张群,刘加平,等.西北地区居住建筑节能外墙构造热稳定性研究[J].西安理工大学学报,2011,27(1):46-50.

Zhu Yiyun, Zhang Qun, Liu Jiaping, et al. Research on thermal stability of residential building energy-saving exterior wall in northwestern areas[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2011, 27(1): 46-50.

- [6] 赵华,金虹.北方寒冷地区乡村住宅本土生态技术研究[J].哈尔滨工业大学学报,2007,39(2):235-237,291.
Zhao Hua, Jin Hong. Research on the local optimum eco-technologies of rural housing in the chill region of China[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2007, 39(2): 235-237, 291.
- [7] 云鹏. ECOTECT 建筑环境设计教程[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [8] 刘加平. 建筑物理[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [9] 柏慕中国. Autodesk Ecotect Analysis 2011 绿色建筑分析应用[M].北京:电子工业出版社,2012.
- [10] 赵荣义,范存养,薛殿华等. 空气调节[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [11] 吴雪岭. 节能外墙材料和构造的选择[J]. 中国住宅设施,2002,(5):17-21.
Wu Xueling. The choice on materials and construction of energy-saving exterior wall[J]. China Housing Facilities, 2002, (5): 17-21.
- [12] 葛大中,方明. 节能外窗材料在夏热冬冷建筑中的应用研究[J]. 安徽建筑,2012,19(4):56-58.
Ge Dazhong, Fang Ming. Out-Window materials of Energy Saving in the application of hot summer and cold winter building[J]. Anhui Architecture, 2012, 19(4): 56-58.
- [13] 柏慕进业. Autodesk Revit Architecture 2014 官方标准教程[M].北京:电子工业出版社,2014.
- [14] 中国气象局,清华大学. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.

(责任编辑 杨小丽)