

文章编号: 1006-4710(2014)01-0052-06

四川彭州山区农村新建民居生态再生设计研究

高原^{1,2}, 朱轶韵³, 刘加平¹, 虞志淳²

(1. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055;

2. 西安交通大学 人居环境与建筑工程学院, 陕西 西安 710049;

3. 西安理工大学 土木建筑工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 为改善四川彭州山区农村民居室内居住热环境,降低冬季采暖能耗,结合当地气候特点与经济条件,提出了适宜性的绿色被动式建筑设计方案策略,并在彭州市大坪村进行了新建民居工程实践。通过对新建民居的室内热环境进行实际测试及计算机模拟,并与现有砖混民居作比较,结果表明新建民居有较好的保温节能效果,验证了该策略的可行性与有效性。新建民居建成使用后,通过居住满意度调查,当地居民对于新建民居的整体满意度达到95%。在此基础上,又推广建设200余户左右,对于我国山地乡村新建民居建筑的节能减排、生态化建设有指导借鉴作用。

关键词: 四川山区; 农村民居; 绿色被动式建筑策略; 适宜技术; 节能减排

中图分类号: TU241.4 **文献标志码:** A

Research on the design of ecological regeneration of rural newly-built residences in mountain region of Pengzhou City, Sichuan Province

GAO Yuan^{1,2}, ZHU Yiyun³, LIU Jiaping¹, YU Zhichun²

(1. College of Architecture, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China;

2. School of Human Settlements and Civil Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

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

Abstract: In order to improve the indoor thermal environment and decrease energy consumption of the residences of the mountain Region of Pengzhou City, Sichuan Province, this paper, which combines with the local climatic characteristics and the economic conditions, proposes the appropriate strategy of the green passive building design, and also puts into project practice in Daping village in Sichuan Province. Through the actual tests and the computer simulations for the indoor thermal environment of the newly-built residences, a comparative analysis is made with the brick-concrete residence. The results from the tests and simulations indicate that there is a better effect of the heat preservation and energy saving in the newly-built residences. And this also proves the feasibility and effectiveness of the strategy. After the completion of the newly-built residences, the satisfaction of the local residents for the newly-built residences can reach 95%, on the basis of which, more than 200 households have built the new residences on the strategy. And the guidance and reference for ecological construction and energy-saving and emission-reduction of the new rural residences of Chinese mountain region are provided.

Key words: Sichuan mountain region; rural residence; green passive strategy of building; appropriate technology; energy-saving and emission-reduction

四川彭州山区通济镇大坪村位于东经103°50', 北纬31°10', 海拔约1400 m。坐落在彭州市西北25 km, 成都以北65 km处。该地区气候温和、雨量

充沛、四季分明、无霜期长、日照短, 年平均气温为15.6℃, 最高气温月为7月, 平均气温约22.1℃; 最低气温月为1月, 平均气温约2.4℃。全年无霜

收稿日期: 2013-11-10

基金项目: 国家自然科学基金委员会创新研究群体基金资助项目(50921005/E0803)。

作者简介: 高原, 男, 讲师, 博士生, 研究方向为绿色建筑理论。E-mail: tyym8@163.com。刘加平, 男, 教授, 博导, 博士, 研究方向为建筑学、建筑技术科学、采暖通风与空调。E-mail: liujiaping@xauat.edu.cn。

期 270 多天,降雨主要集中在 6~9 月,年平均降雨量为 960 mm 左右。全年主导风向为东北风,年平均风速为 1.3 m/s,年瞬间最大风速 21 m/s。

根据当地气象资料进行分析(图 1)可以看出,该地区一年中仅 4、5 月份温湿度较为适宜,如图中深色区域部分;12 月、1 月、2 月全部,3 月、11 月部分时间,气温均低于 10 ℃,相对湿度为 70%~90%,属于比较湿冷时间段,室内需要采暖;6~9 月绝大部分时间处于舒适度区外较湿热的区域,相对湿度多在 70%~95%,气温约在 28 ℃ 以上分布,较为湿热,室内需要降温除湿。

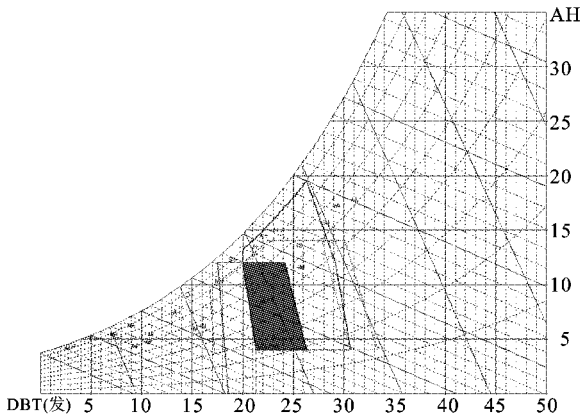


图 1 空气焓湿图

Fig. 1 The climate psychrometric chart

通过上述分析可以知道,该地区生态民居建造需要考虑的主要问题:冬季气候比较湿冷,民居外围护结构设计应采取保温构造措施来减少屋内热量的散失;夏季气候湿热,民居建筑设计应考虑通过引导室内外空气自然流通来达到降温除湿的效果。

1 四川彭州山区农村民居现状演变及存在问题

1.1 四川彭州山区农村民居现状演变

随着我国改革开放及农村城镇化进程的推进,

四川山区农村经济得到较快的发展,其生产生活及居住模式也逐渐发生了改变。但农村村落民居在建设盲目套用城镇建设的发展模式,原有的传统民居建造方式尽管在营建的过程中积累了许多适应当地气候的被动式生态建造经验,保留了地域传统文化,但是由于其存在室内居住环境较差、建筑空间不满足现有使用功能、生活设施落后等诸多问题,正逐渐被丢弃。这体现在民居演变形式上,现代形式的砖混结构的民居建筑面积逐年增长,成为农村民居建筑演变发展的主流。但是这种大量兴建的砖混民居多建设规划无序、缺乏地域特色、建筑形象雷同、能耗污染较大,不仅影响了农村的村容村貌,而且也使农村民居偏离了正常的演变轨道。

1.2 四川彭州山区农村民居演变存在问题

当前城市建筑高耗能等问题已引起社会的关注,但对农村房屋建筑中的这种趋势还没有引起重视。农村现有砖混民居由于设计及施工水平较低,普遍建造质量低下,缺乏合理的节能措施,室内热环境恶劣,显示出高能耗、高污染、高成本、低质量等如下缺陷。

1) 建造质量低

四川彭州山区山地村民自建砖混房屋,模式较为粗放,房屋施工质量的好坏主要取决于施工人员个人经验的丰富与否,但由于其没有形成规范科学的房屋建造体系,房屋结构多缺乏安全及抗震措施,房屋质量受其主观随意性影响较大,房屋质量难以把控。

2008 年汶川地震后,该地区大坪村落民居灾后损坏程度实地调查也证明了这一点。调查发现,如表 1 所示,受损最普遍、最严重的民居是那些 1980 年后建造的砖混住宅,而 1970 年以前甚至更早时期建造的传统木框架支撑的土木、砖木民居建筑受损情况较小。

表 1 民居受损情况调查表

Tab. 1 Damaged residences questionnaire

结构	建造年代	受损程度				不能使用比率
		垮塌	严重损坏	中等轻微	基本完好	
土木	1970 年前	8	11	32	2	35.8%
砖木	1970 年前	17	14	62	3	32.3%
砖混	1980 年后	23	22	30	15	50%
合计		48	47	124	20	39.7%

2) 环境影响大

四川彭州山区山地农村传统民居建筑材料以取自于当地的石材、生土、木材为主要原料,这些传统建材资源具有可再生、可重复利用的性能。使用后的木材和石料可以更新再利用,木材、夯土粉碎后还可撒入土中,进入自然的循环系统。对于环境影

响小。

新建砖混民居大量使用粘土砖、钢筋混凝土、面砖等建材,不仅在生产中破坏土地、污染环境,排放大量 CO₂, SO₂ 等酸性气体,对大气环境造成污染,而且废弃使用后,较难降解,会对自然环境带来很多的负面影响。但由于粘土砖生产制造所使用的设备

成本较低,原材料价格较低,广大农村还在使用。资料统计,我国房屋建筑材料中 70%是墙体材料,其中粘土砖占据主导地位,生产粘土砖每年耗用粘土资源达 10 多亿立方米,约相当于毁田 50 万亩。我国每年产生各类工业固体废物 1 亿多吨,累计堆存量已达几十亿吨,不仅占用了大量土地,其中所含的有害物质严重污染着周围的土壤、水体和大气环境。

3) 能源消耗多

该地区传统民居除在建造施工过程中耗费能源外,在其他环节基本不耗费能源;且传统民居历经时间的演变,积累了许多被动式气候适应性生态建造经验,在创造了相对较为舒适的室内环境的同时,民居的日常生活耗能较少,基本保证了周围自然环境的完好性。

现代粘土砖、钢筋混凝土属能源消耗型产品,在制造、运输、使用、拆除过程中均需耗费大量能源。资料表明,我国每年生产粘土砖约消耗 7000 多万吨标准煤。而且农村砖混民居围护结构保温隔热的热工性能较差,如果粘土砖、钢筋混凝土需求继续增长,不仅增加墙体材料的生产能耗,而且导致新建建筑的采暖和空调能耗大幅度增加,将加剧能源供需矛盾。

4) 传统地域风貌遗失

四川彭州山区传统民居在建筑风格上沿袭传统做法,不论是建筑平面还是外观形态风格均保持了一致性。各户村民顺应多变的地势,根据自家宅基情况灵活布局,形成了多样统一的村落整体风貌。

改革开放以来,随着村落与外界的信息交流增多,新建民居建筑的平面布局、材料和外观均发生了较大的变化。民居外立面上瓷砖贴面屡见不鲜。村落民居新与旧并存出现,传统村落结构的整体性受到破坏,渐渐失去原有的地域性特色。

面对上述问题,如何因地制宜、就地取材提高山地农村居民的生活质量、降低建筑能耗、保护生态环境是在生态民居再生设计中考虑的重点方面。

2 四川彭州山区农村生态民居再生设计实践

2.1 项目背景

汶川地震造成我国四川、陕西、甘肃三省部分地区受灾严重,四川彭州通济镇大坪村为典型受灾村落,村内单体民居房屋破坏严重,多数无法继续居住。本项目通过大坪村 43 户居民的整体原地易址新建,营造具有绿色再生理念的生态示范民居。

2.2 设计理念

1) 生态可持续地域适应性技术设计

由于大坪村交通不便,砖混建材运输成本高,而

山区土、石、木、竹较丰富,新民居设计充分利用当地的土、石、木、瓦材料,结合当地传统建造方法与现代建筑设计手段,充分利用当地的太阳能资源,以简单易行的毗连阳光房融入民居设计中。同时,集中解决冬季保温的热环境问题;提高室内采光,通风的卫生要求;解决人,畜,厕以及庭院布局的关系问题,从而初步改善居住生活环境条件,形成适宜当地气候地域环境的新型民居。

2) 以人为本模块化设计

新民居设计方案以基本生活空间模块与多功能模块为基本组合单元,基本生活空间(红色)模块有:主房(堂屋)、次房(厢房);多功能辅助空间(蓝色)模块有:厨房(餐厅)、卫生间(储藏)、阳光间(挑台)。村民可以根据各家的人口数量及生活方式,运用这两种类型模块的组合,形成自己需要的民居建筑(图 2)。

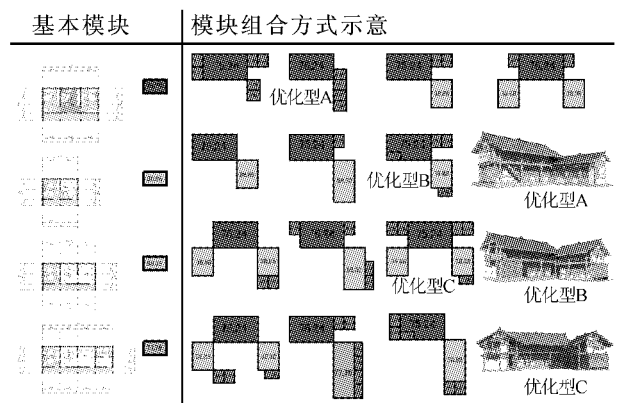


图 2 平面模块组合
Fig. 2 The planar module combination

3) 传统民居风格继承创新

为了体现当地地域文化,新民居设计方案充分继承了四川传统穿斗民居的建造方式,依然采用土木结构,围护墙体为木板竹篱夹泥墙,为了改善传统墙的冬季保温性能,将墙体创新变为复合墙体,内部增加聚苯保温板,以减少冬季的热损失。阳光间采用木方格栅构筑,在继承传统的竹、木等绿色可再生建筑材料的风格意蕴的同时,用现代设计手法反映了传统民居的建筑风格理念。

在民居造型设计上,民居主要用房与侧面厢房高低错落,搭接有序,穿插自然,共同构筑出传统民居空间的风韵;民居立面继承穿斗民居的建构方式,建筑木结构构件局部外露,清雅俊秀,与周边群山氛围和谐统一(图 3)。

2.3 生态再生节能技术策略

1) 可再生材料的运用

大坪村当地盛产竹材、木材,故当地民居采用

竹、木较多,但其墙体较薄,保温隔声效果较差。新民居设计方案考虑到结构安全及抗震性能,整体仍采用木框架穿斗结构,外围护墙体考虑将土、木、竹结合起来使用,采用木板或竹编夹泥墙,内部隔墙也如上处理,这不仅可有效提高房间内部保温隔声效果,还避免了大量砌体的使用,降低了建造成本,减少了 CO₂ 的排放。

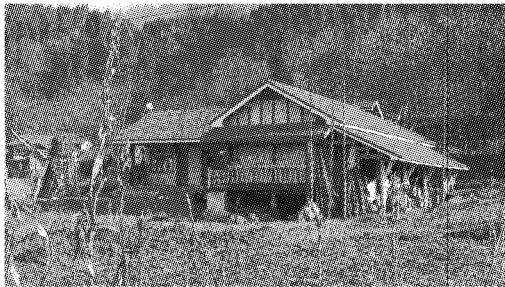


图3 新建生态民居

Fig. 3 The new ecological rural residence

2) 可再生能源的利用

新民居设计方案在主要居室设置了毗连阳光间等被动式太阳能利用措施,可以有效地改善冬季居室内的热环境,减少冬季采暖对林木的砍伐;同时利用当地植物秸秆、牲畜粪便作为沼气池原料,为村民提供部分炊事用能。

3) 自然通风措施的运用

结合图1气象资料分析,大坪村夏季气候湿热,民居建筑设计应考虑通过引导室内外空气自然流通来达到降温除湿的效果。在平面设计上前后墙体设置普通窗体和高窗,有利于室内形成穿堂风对流;厨房等开敞空间设置在楼梯间附近,部分房间墙体预留通风口,有利于形成竖向热压通风。

4) 夏季遮阳措施的运用

新民居设计方案汲取传统民居房屋檐口出挑深远的经验,入口墙面一侧多设檐廊,不但防止降水侵蚀房屋墙体,还可避免夏季阳光直射到民居墙体上面,造成墙体过多吸收太阳辐射热。

5) 保温墙体的设置

结合图1气象资料分析结果,大坪村冬季气候比较湿冷,民居外围护结构设计应采取保温构造措施来减少屋内热量的散失。新民居设计方案为了改善外围护墙体的冬季保温性能,将竹、木夹泥外墙墙体中间加设聚苯板保温层,聚苯板质地较轻,保温效果和隔音效果均较好,且对于木(竹)墙体增加不了多少垂直荷载,有利于结构安全,且运输便利,还可以回收重复利用。同时选用气密性、做工质量较好外木窗,以减少冬季民居的热损失(如图4所示)。

6) 加大自然采光措施的运用

新民居设计方案为了改善传统民居室内光环境较差的情况,减小房屋的进深,在后墙设置高窗,使室内照度更为均匀。



图4 新建民居保温墙体

Fig. 4 The bamboo wall of the newly-built residences

2.4 室内热环境实测结果

本项目分别选用新建生态民居和当地砖混民居进行冬夏两季室内热环境测试比较。

当地砖混民居,层数为1层。建筑结构砖混结构,屋顶做法为小青瓦屋面,外围护墙体为240 mm粘土砖墙;门窗均为木制。

新建生态民居,层数为1层。建筑结构为木构架穿仿结构。屋顶为檩条上铺椽子,椽子上面铺挂瓦条,挂瓦条上面直接挂青色机瓦的构造形式;外围护墙体为了防潮隔湿,1.5 m以下为240 mm粘土砖砌筑,1.5 m以上部分做夹心保温竹木夹泥外墙,墙体为20 mm柳沙松木板+50 mmEPS保温板+20 mm柳沙松木板;门窗均为木制。

1) 夏季测试结果。夏季测试时间为2009年7月22~25日,室外空气温度变化范围19.1~28.2℃,平均温度23.2℃,温度波动较大;新建民居室内空气温度变化范围19.8~25.3℃,平均气温为22.7℃;砖混民居室内空气温度变化范围19.8~24.0℃,平均气温21.9℃。两者室内温度趋于一致,波动值均小于室外,室内温度较为舒适。

2) 冬季测试结果。冬季测试时间2010年2月7~11日,室外空气温度变化范围6.6~8.1℃;新建民居室内空气温度变化范围7.4~8.3℃,平均气温为7.8℃;砖混民居室内空气温度变化范围6.4~6.9℃,平均气温6.6℃。两者相比,新民居平均温度提高了1.2℃。据当地村民反映,可以通过增加衣物方式而不采取任何采暖方式过冬,节省了采暖能耗。

分析上述测试结果可以看出:测试期间夏季,由于大坪村室外温度较为适宜,故两民居室内热环境差别不大;测试期间冬季,新民居通过改进外围护结构的保温隔热措施,室内平均温度比原有砖混建筑有所提高。

2.5 围护墙体热工指标及室内环境计算机模拟结果

通过对传统穿斗民居、现代砖混民居、新建生态

民居的围护墙体热工指标进行计算对比,可以看出新建生态民居围护墙体热工指标较好,热阻 R_0 较大,传热系数 K 较小(表2)。

表2 农村民居围护墙体构造热工指标

Tab.2 The thermal indicators of the rural residence's wall

外墙类型	构造层次(由外至内)	$R_{\text{抹灰}}$	$R_{\text{木板}}$	$R_{\text{木屑}}$	$R_{\text{空气}}$	$R_{\text{内}}$	$R_{\text{外}}$	R_0	K
传统穿斗竹木	砂浆(15厚)+木板(20厚)+空气(80厚)+木板(20厚)+砂浆(10厚)	0.033	0.235	—	0.18	0.11	0.04	0.598	1.67
对比测试现代砖混	水泥砂浆(20厚)+粘土砖墙体(240厚)+混合砂浆(20厚)	0.044	0.296	—	0.023	0.11	0.04	0.513	1.95
新建生态复合竹木	砂浆(15厚)+木板(20厚)+EPS保温层(60厚)+木板(20厚)+砂浆(10厚)	0.033	0.235	1.395	0.18	0.11	0.04	1.993	0.501

由于民居室内环境实测数据只体现了被测建筑在测量期间自然条件下的室内热环境优劣状况,易受到被测建筑本身建造质量、位置及周边自然环境、天气因素的影响,造成测试结果的偏差。要判断其全年的室内热环境优劣状况,还需要将被测建筑统一在基本相同的初始条件时间周期下进行比较,以达到一个客观准确的分析结论,而这正是建筑环境模拟软件的优势所在。

通过使用 Ecotect Analysis 2011 程序建立民居模型,围护结构材料及构造的设定均根据现代砖混民居、新建生态民居这两类民居实际选材及厚度进行设定,将被测建筑统一在基本相同的初始条件时间周期下进行比较(图5)。

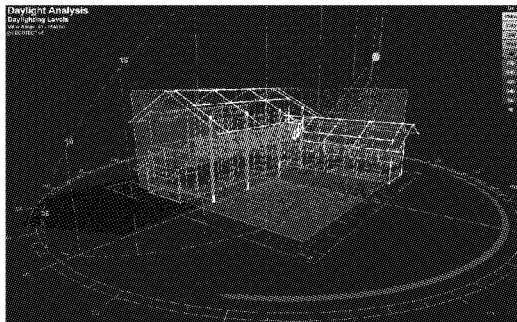


图5 民居计算机数字模型

Fig.5 The computer digital model of the residences

通过计算机模拟该区域气象资料全年最热天,主卧室室内温度,如图6所示,可以看出,由于该地区夏季室外温度较为适宜,新建生态民居主卧全室内的温度与砖混民居主卧室室内温度相差不大,温度波幅变化较为平缓,基本在 $28\sim 29\text{ }^\circ\text{C}$ 左右波动,室内热环境相对较为适宜。

计算机模拟该区域气象资料全年最冷天主卧室室内温度,如图7所示,可以看出,生态民居主卧全室内温度比砖混民居主卧室室内温度要高 $1.0\sim$

$1.5\text{ }^\circ\text{C}$,温度波幅变化较为平缓,基本在 $7.6\sim 8.2\text{ }^\circ\text{C}$ 波动。两者相比较,砖混民居室内温度随室外温度的改变波动较大,热稳定性较差。

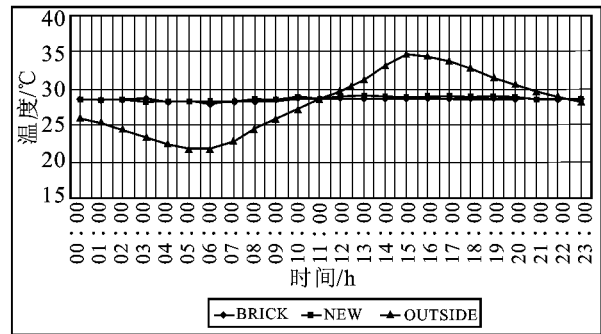


图6 计算机模拟两类民居最热日室内外温度曲线图

Fig.6 The indoor and outdoor temperature curve in the hottest day through the simulation of two kinds of the residences by computer

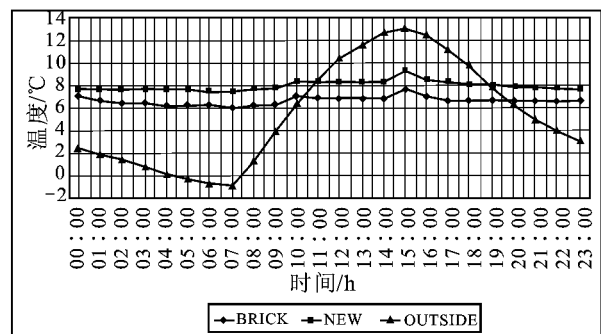


图7 计算机模拟两类民居最冷日室内外温度曲线图
Fig.7 The indoor and outdoor temperature curve in the coldest day through the simulation of two kinds of the residences by computer

通过计算机模拟两类民居如达到室内舒适所需全年能耗,如图8所示,可以看出,砖混民居能耗较多。新建生态民居全年总能耗约比砖混民居节省约 16% 。

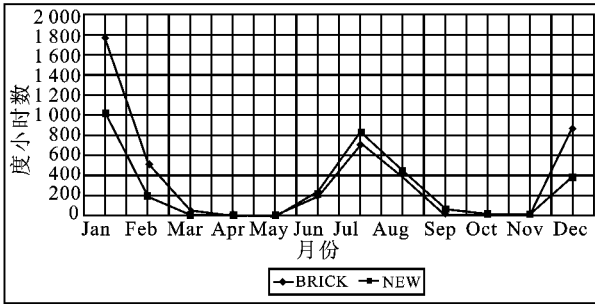


图 8 计算机模拟两类民居全年能耗曲线图

Fig. 8 The annual energy consumption curve through the simulation of two kinds of the residences by computer

新建民居设计为了改善室内自然光照环境,减少房间进深,增加后墙开窗,使室内光照更加均匀。经计算机模拟最不利的全阴天工况下室内自然光照度,可以看出,一层房间内,室内照度值基本在 200~300 lx 左右,取得了较好的采光环境(图 9)。

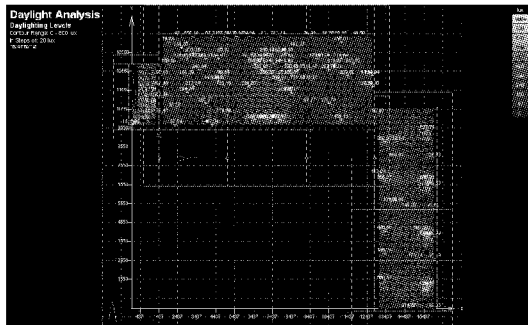


图 9 计算机模拟新建民居室内照度

Fig. 9 The indoor illumination through the simulation of the newly-built residence by computer

3 结 语

新建民居经过居住使用,当地居民对于新建民居的整体满意度达到 95%,这也吸引周边村庄村民自愿参观、学习并模仿大坪村的民居样式,该民居建造模式在此基础上,又推广建设多达 200 余户左右,起到了良好的生态示范作用。

大坪村新民居的生态再生设计充分利用了当地的土、竹、木等可循环利用再生材料,减少了能源及资源的消耗;墙体保温、自然通风、自然采光等诸多被动式措施的利用,较为明显的改善了室内的光、热环境,创建了低碳环保的四川山地民居建造形式,对于当地及我国的山地乡村民居建筑的节能减排、生态化建设有很强的指导借鉴作用。

参考文献:

[1] 张群,朱轶韵,刘加平,等. 西北乡村民居被动式太阳能

设计实践与实测分析[J]. 西安理工大学学报,2010,26(4):477-481.

Zhang Qun, Zhu Yiyun, Liu Jiaping, et al. Practice and real testing analysis of rural house passive solar design in northwest China[J]. Journal of Xi'an University of Technology,2010,26(4):477-481.

[2] 朱轶韵,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,2010,27(1):46-50.

Zhu Yiyun, Zhang Qun, Liu Jiaping, et al. Research on thermal stability of configuration of residential building energy-saving exterior wall in Northwestern Areas[J]. Journal of Xi'an University of Technology,2010,27(1):46-50.

[3] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2012[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.

[4] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 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.

[5] 《建筑节能构造图集》编委会. 建筑节能构造图集节能保温墙体[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.

[6] 梁爽,吴谨,刘大龙,等. 湿热湿冷地区夏季房屋热稳定性测试分析[J]. 建筑科学,2012,28(6):46-49.

Liang Shuang, Wu Jin, Liu Dalong, et al. Testing and analysis on building thermal stability in hot-humid and cold-humid area in summer[J]. Building Science, 2012, 28(6):46-49.

[7] 李军环,吕东军. 秦岭山区传统生土民居的更新设计探索[J]. 建筑与文化,2011,5:30-32.

Li Junhuan, Lu Dongjun. Exploration on renewal design of traditional earth dwelling in Qinling Mountain[J]. Architecture & Culture, 2011, 5:30-32.

[8] 高原,王美子,刘加平. 西部湿热湿冷地区山地农村传统民居气候适应性建造模式分析[J]. 建筑技艺,2013,218(5):246-249.

Gao Yuan, Wang Meizi, Liu Jiaping. The climatic adaptability analysis on the green building modes of the traditional rural residences in the humid mountain area of Western China[J]. Architecture Technique, 2013, 218(5):246-249.

[9] 李先逵. 中国民居建筑丛书四川建筑[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.

[10] 柏慕培训. Autodesk Ecotect Analysis 2011 绿色建筑分析实例详解[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.

(责任编辑 杨小丽)