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*

The Climatic Adaptability Analysis on the Green Building Modes of the Traditional Rural Residences in the Humid Mountain Area of Western China

撰文 高源[1,2] 王美子[1,3] 刘加平[1]（1 西安建筑科技大学；2 西安交通大学；3 中国建筑西北设计研究院有限公司）

摘　要　以西部湿热湿冷地区的陕南及川北山地农村民居为例，通过对当地传统民居现状进行实地调研，定性地分析了其建筑模式与该区域自然气候环境的适应性关系。并通过对传统典型民居及新建砖混民居进行实地测量并建立计算机分析对比模型，定量地分析了其气候适应性策略对室内热环境舒适度的影响。在此基础上，提出了适应当地气候及自然条件的民居建筑设计方案及建造策略，以提高该区域广大山地农村居民的生活质量，降低民居全周期能耗，保护生态环境，同时为西部湿热湿冷地区山地农村的生态民居建设提供借鉴。

关键词　西部湿热湿冷地区　山地农村民居　气候适应性　建造模式

湿热湿冷气候区域位于我国北方寒冷地区与南方炎热地区之间，又简称为过渡地区。西部湿热湿冷气候区域大致分布范围包括我国西部的四川省北部和东部、贵州省东半部及陕西、甘肃二省南部、重庆市（直辖市）等地区。这一气候区域内多为山地，无论在气候、地理还是文化等方面都有着自己独特的特点，对该区域内山地农村传统民居形态的形成有很大的影响。本文以陕西南部汉中市宁强水观音村及四川北部广元市剑阁盐井村山地农村传统民居为例，分析其气候适应性策略对室内热环境舒适度的影响，并提出适合当地气候及自然条件的民居建筑设计方案及建造策略。

1 建筑方式与自然环境

1.1 气候及地理环境

陕西南部汉中市宁强水观音村及四川北部广元市剑阁盐井村均属于副热带季风气候，环境较为潮湿，夏季湿热、冬季湿冷，夏冬两季平均相对湿度基本在 80% 左右，最冷月平均气温为 –0.6℃ ~1.9℃，热工分区属于夏热冬冷地区——非采暖区。均位于山区，海拔 610~620m 左右，多是“两山夹一川”的地形地貌。特殊的地形条件使得村落的布局多依山就势，民居单体朝向一般随地势的变化而变化，较难形成规模较大的村庄聚落（图 1）。

图1 陕西省宁强县广坪镇水观音村

1.2 适应西部湿热湿冷气候的被动式建造因素分析

气候适应性是生态建筑设计的重要因素，合理地对气候因素进行分析，才能得知房屋建造方式是否满足气候条件的要求。

由于陕南汉中市与川北广元市的气候条件、自然地理环境基本相近，本文中的气象资料均以汉中市为例，并用 Ecotect Analysis 软件进行分析。分析图中的横轴表示 12 个月及全年，纵轴表示舒适度百分比。黄色方柱表示原来的室内舒适度，红色方柱表示增加被动式设计策略后提高的室内舒适度。从分析结果可以看出，能够提高该区域民居建筑室内热舒适性的被动生态气候策略有如下几项。

（1）增强围护结构蓄热能力

从图 2 可以发现，如果合理采用，全年室内舒适度约能提高 12%~13%。

（2）增加遮阳和自然通风

如图 3 所示，自然通风对于改善该地区夏季室内潮湿的效果非常明显，全年室内舒适度约能提高 15% 左右。

（3）被动式太阳能采暖

被动式太阳能采暖是建筑物得热的主要方式。尽管陕南与四川属于

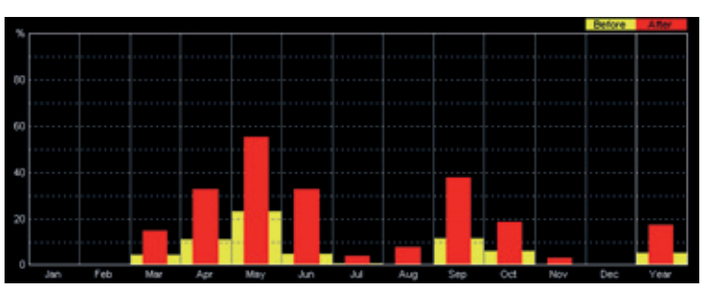

图2 增强围护结构蓄热能力

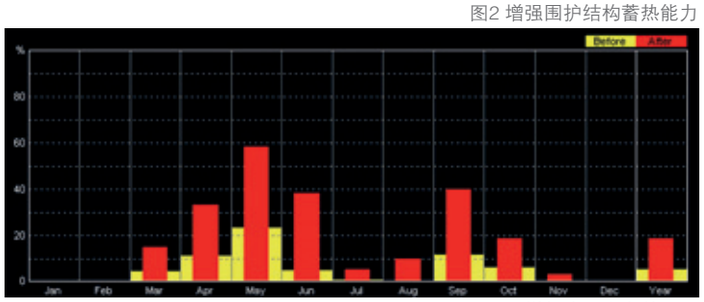

图3 增加遮阳和自然通风

*基金项目：国家自然科学基金新群体资助项目（50921005）；国家自然科学基金海外或港澳青年合作基金项目（50729803）

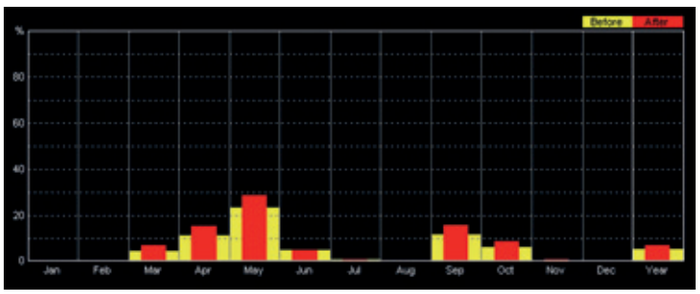

图4 增加被动式太阳能采暖

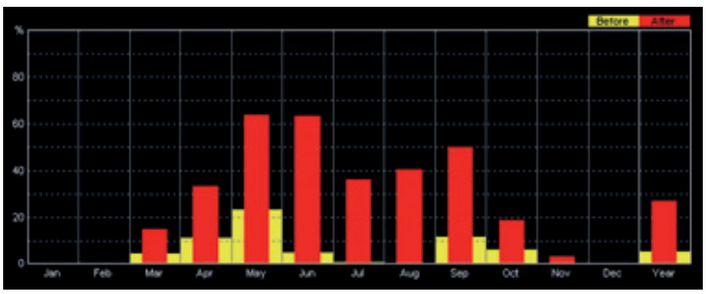

图5 综合使用被动措施

我国光气候Ⅴ类区，日照条件较差，冬季采用被动式太阳能采暖，对于春、秋季节室内舒适度的改善有一定效果，但整体效果并不明显，如图 4 所示，全年室内舒适度约能提高 3%。

（4）综合使用被动措施

被动式措施在建筑中一般不会单一出现，经常是综合叠加采用。如采用上述三种措施的叠加，全年室内舒适度会有显著的提高，约 20%，如图 5 所示。但同时也可以看到，对于 12 月、1 月、2 月全年最冷的三个月，仅靠使用被动措施，并不能达到室内舒适度要求，还需要采用室内辅助采暖。

通过上述分析可知，该地区建筑气候适应性设计所面临的主要问题是冬季需要保温采暖。冬季主要通过 1、3 项策略结合辅助采暖，夏季主要通过 1、2 项策略，来满足气候适应性要求，达到节能生态的目的。

1.3 山地农村传统民居适应气候的被动式绿色建造模式分析

随着时代的发展，农村民居的建筑形式和用能方式在不断变化，如目前新建房屋基本选择砖混房屋，但无论如何变化，低投入、低消耗、低污染的节约型民居建筑模式都应是未来发展的必然趋势，因此有必要充分发掘和借鉴传统山地农村民居所蕴含的适应气候的被动式建筑策略模式，引导该地区民居设计，使建造向着生态、绿色发展。经过实地调研分析，西部湿热湿冷气候区域山地农村传统民居有如下适应气候的被动式绿色建造方式：1）“一”字形前场院落的建筑布局占地少，空间形体紧凑（图 6）；2）夯土墙体厚重，作为围护结构蓄热能力强；3）主入口一侧墙面加设 1.5~2m 檐廊，能较好地遮阳；4）二层空间多为储藏空置空间，成为一层实际居住使用空间的良好的热缓冲空间；5）建筑材料取自于当地的石材、黄土、木材，可循环利用，建造方式生态环保

2 传统民居室内热舒适度实测与计算机模拟

为定量评估传统夯土民居与新建砖混民居室内热环境的优劣，在该区域较冷的 12 月中旬，我们选取了陕南汉中市宁强广平镇水观音村中朝向层数基本相同、位置相近的夯土及砖混民居进行了实际测试，并进行定量分析，以期为该地区新建民居的可持续再生设计模式提供科学的参考数据及理论依据，选取的夯土民居外墙均为夯土墙，墙厚 400mm 左右，一层层高约为 3.3m，二层为空置储藏空间，屋顶为小青瓦木檩条结构坡屋顶；砖混民居外墙均为实心 240 砖墙，一层层高约为 3.3m，二层层高约为 3.3m，屋顶为机瓦木檩条结构坡屋顶。

2.1 传统民居室内冬季温湿度测量及结果分析

本课题组于 2011 年 12 月 14 日 22 点至 12 月 15 日 22 点对被测民居及其室外环境进行温湿度测试。

从图 7 温度曲线图中可以看出，测试期间室外平均温度为 7.9℃，波动幅度为 3.4℃；生土民居室内平均温度为 9.1℃，波动幅度为 1.1℃，温度分布平缓，波动较小；新建砖混民居室内平均温度为 9.8℃，波动幅度为 2.7℃，温度分布较为平缓。生土民居与砖混民居相比较，温度最高值低 2.4℃，平均温度略低，温度波动幅度较小。

从图 8 湿度曲线图中可以看出，测试期间室外平均湿度为 61.5%，湿度波动幅度为 22.6%；生土民居室内平均湿度为 64.8%，波动幅度为 16.2%；新建砖混民居室内平均湿度为 68.1%，波动幅度为 18.8%。生土民居与砖混民居相比较，湿度最大值低 2.1%，平均湿度低 3.3%，湿度波动幅度较小。

从上述实测结果可以看出，冬季该区域生土民居的热环境温、湿度调节能力好于砖混民居。但要满足人体热舒适度的要求，还需使用其他被动式策略或辅助热源，如采用辅助热源，则砖混民居所耗费的能量大于生土民居。

2.2 传统民居室内热环境计算机模拟及结果分析

由于实测数据结果只体现了被测建筑在测量时间段及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，而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及时间周期下进行比较，以达到一个客观准确的分析结论，而这正是建筑物理环境模拟软件的优势所在。

使用 Ecotect Analysis 软件建立上述两类民居模型进行分析，民居

图6 四川广元剑阁盐井村民居

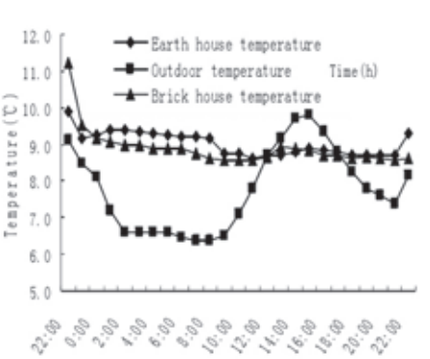

图7 测试民居室内及室外温度曲线图

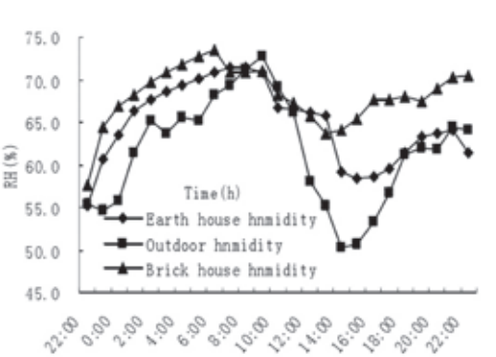

图8 测试民居室内及室外湿度曲线图

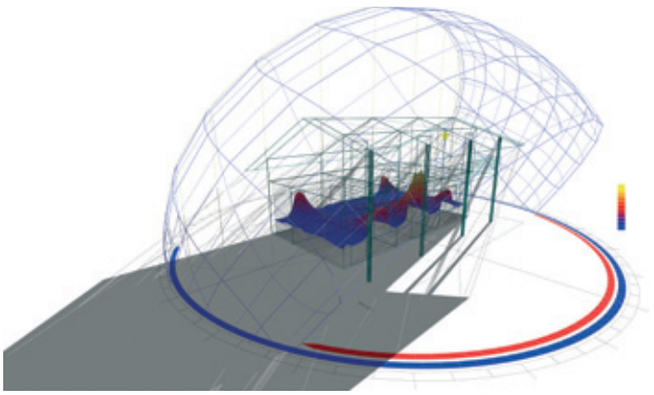

图9 测试民居计算机分析模型

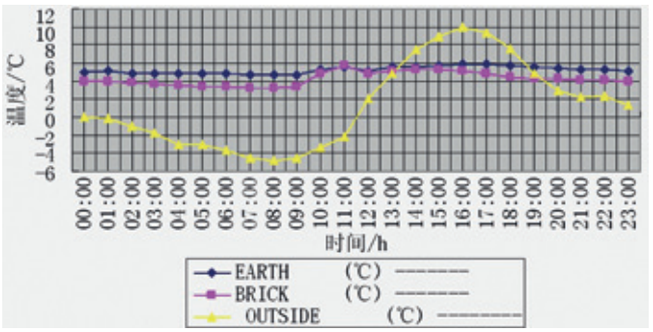

图10 软件模拟民居室内及室外湿度曲线图

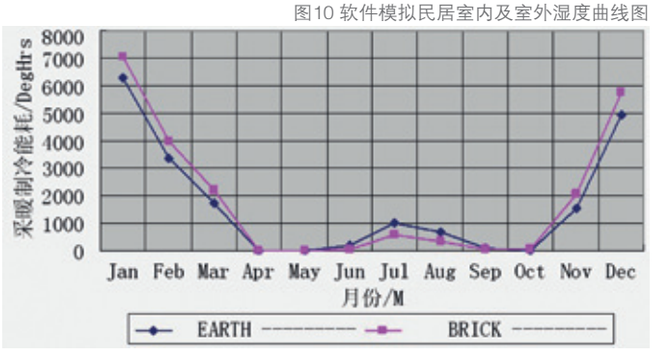

图11 软件模拟民居能耗曲线图

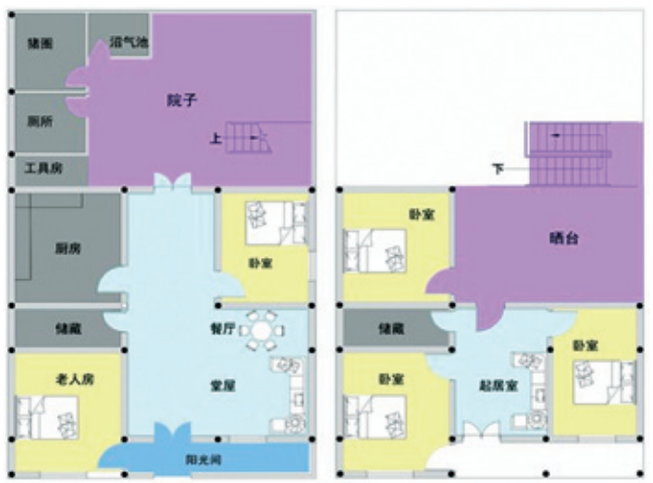

图12 新民居方案平面

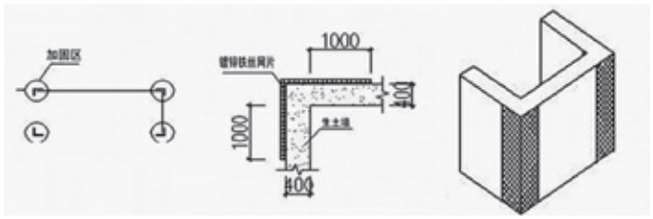

图13 墙角加强措施

外形尺寸完全一致，建筑材料及构造的设定均根据两类民居实际选材及厚度进行设定。计算机分析模型如图 9 所示。

通过计算机模拟该区域气象资料全年最冷天西侧卧室室内温度，如图 10 所示，可以看出，传统民居全天室内温度比新建砖混民居室内温度要高 1.1℃ ~1.5℃，温度波幅变化较为平缓，基本在 5℃左右波动。

通过计算机模拟上述两类民居西侧房屋达到室内舒适度区间所需全年能耗，如图 11 所示，可以看出，传统夯土民居，全年每月度日能耗数据除个别月份，基本都比砖混新建民居度日能耗低；模拟计算可以得出传统民居全年总能耗约比砖混现代民居节省 10%。

2.3 传统民居现存困境

尽管传统民居是适应当地气候及自然条件的产物，但其还存在室内光环境及通风环境较差、维护结构体系的安全构造设置不规范、门窗质量差、建筑空间单一且不满足现有使用功能、配套设施缺乏等诸多问题，需要在以后的设计中不断改进。

3 生态民居设计实践

3.1 项目背景

陕西省汉中市宁强县青木川镇李家院村是汶川地震中受损较严重的村庄之一。全村房屋受损情况详见表 1。本课题组深入当地进行实地调研，在保证房屋结构安全合理的前提下，提出了适合当地条件的新民居方案。

3.2 设计理念

表 1 受损情况

受损程度	倒塌	严重	一般	重建
户数	26	64	18	67
间数	38	348	155	

由于李家院村地处偏远，经济水平较低，故在新民居方案设计中，所有的思路都围绕着取材当地的低造价的节能绿色的生态民居这一目标进行。充分借鉴陕南地区传统民居的空间特点，采用传统民居建筑材料，组成前宅后院、独门独户的居住单元模式，结合现代村民生活方式的发展趋势，进行适当的调整，使房屋空间整体布局更加合理。

（1）平面布局

结合当地传统民居的布局及建造特点，方案采用了以生活用房（包括卧室、堂屋、储藏室）为主体的集中式布局，辅助用房（包括厨房、卫生间、柴房、牲畜圈等）可根据使用需要进行分期附建（图 12）。这种平面布局继承了当地的习惯做法——以小院落形式分隔人畜空间，既做到洁污分离，又做到生活、生产空间的分隔和联系，有利于宅基地组合布局，亦满足节地的要求。

（2）建筑结构及构造

通过调研发现，地震灾害对于当地的木骨架支撑夯土围护结构的民居破坏很小，除了墙面局部开裂外，很少出现整体坍塌的现象，故本方案结构形式仍然采用木骨架支撑双坡屋顶，夯土结构围护；考虑到抗震性能，外墙转角设置构造柱与土坯咬搓砌筑，沿墙高每 500mm 左右配置韧性较好的竹条，伸入墙体内不小于 750mm 或至洞口边；在墙体连接处较为薄弱的外墙阳角内外两侧采用镀锌铁丝水泥挂网进行加固，内外两层网之间用预埋拉结丝进行连接加固，高度从墙角至檐口（图 13）；檩条支承处设置木垫板，墙顶处沿房屋外墙设置木圈梁，基础采用混合砂浆砌筑的毛石、片石或砖砌体基础。

（3）建筑形态

为了减小房屋的体形系数，民居方案采用了当地传统的紧凑布局。

图14 新民居方案

图15 南向局部设置阳光间

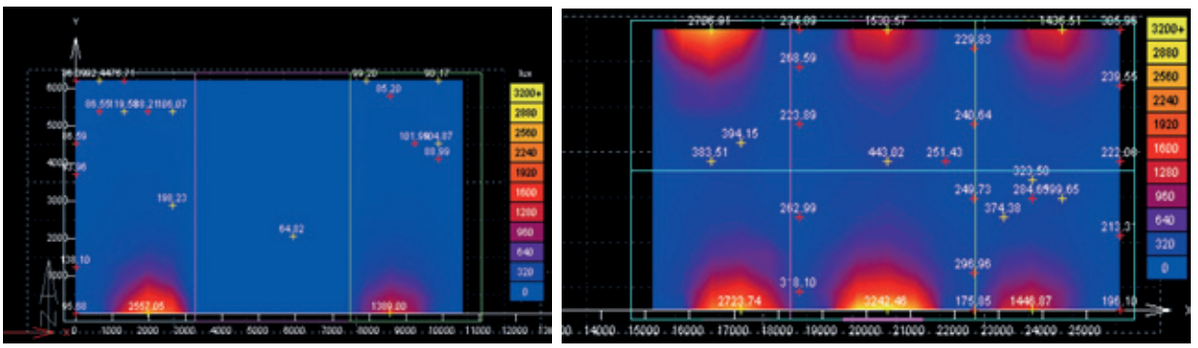

图16 北侧墙体增设外窗前后室内光环境比较

屋顶采用小青瓦屋面。同时，为了夏季遮阳，屋顶依旧设置挑檐，在住宅主入口处设置宽敞的檐廊，平时作为生产生活的半过渡空间和挂晒农产品的场所。门窗开设遵照当地生活习惯，为争取采光，在堂屋北侧墙面开高窗，南面入口上方架设亮子，以解决室内照度不足的情况，同时增加南北向室内通风。整个建筑立面以灰黄色调为主，木构明晰，与苍茫的山地环境有机融合在一起，透露出传统民居的文脉气息（图 14）。

3.3 被动式适宜生态技术设计策略

新民居方案除了考虑当地村民生产、生活使用需求外，还考虑了适应当地气候的被动式适宜技术的综合运用。

（1）太阳能利用

新民居方案在设计中加强坡屋顶缓冲空间的通风组织，夏季通过门窗洞口开启，利用热压和风压作用，使坡屋顶缓冲空间的空气流动，从而带走大部分的辐射热，避免室内空间顶棚过热；冬季门窗洞口关闭，减少空气的热量流失，提高居室的保温性能，降低室内湿度。同时根据经济条件、每户需求，可结合南向立面，在局部或整个檐廊下设计阳光间，以改善该地区冬季室内的小气候（图 15）。

（2）蓄热能力强的围护结构

由于该地区建筑气候设计所面临的主要问题是冬季保温采暖，新民居方案外墙采用夯土墙围护体系。为了增强墙体保温效果，每户还可根据需要，在墙体外侧抹 30 厚保温砂浆。室内首层地面抬高，下部加大素土夯实厚度，减少地面传热系数，同时为了进一步改善室内舒适度，增强地面的保温性能，可在地面做法中增加聚苯板保温层。

（3）屋顶

新民居方案考虑到建造成本及周期，结合当地的传统做法，依然采用出檐较深的坡屋顶。坡屋顶内增设 60 厚聚苯板保温层，上下均用 20 厚草泥找平覆盖等，民居的整体保温隔热性能可以得到很大提升。

（4）门窗

新民居方案门窗结合当地做法，采用单框双玻木窗，门中间加设 30 厚聚苯板保温层，门窗洞口用发泡胶填实，以提高民居整体的热工性能。

（5）增加自然通风

传统夯土民居室内光环境、通风环境较差，因此，新民居结合传统民居室内空间布局，摒弃了传统民居大进深的习俗，采用开间进深 3.3m×4.6m 的轴网关系，增加北侧墙体的开窗面积，如图 16 所示。这样不仅取得了比传统民居更好、更均匀的采光环境，也有利于室内穿堂风的形成，降低室内湿度。

（6）沼气利用

沼气是一种高效、环保的燃料，替代传统能源的前景广阔。新民宅中设置沼气池以解决农村生活用能为目的。在平面布局中，将卫生间与牲畜圈集中设置，利于人、畜排泄物的收集，减少传染疾病的发生。将收集的沼气通过导气管引至厨房使用，减少了木材作为炊事能源的消耗和对环境的破坏。

4 结语

西部湿热湿冷地区山地农村传统民居在营建的过程中积累了许多被动式气候适应性生态建造经验。但由于其存在室内光环境、通风环境较差、建筑空间不满足现有使用功能等诸多问题，传统民居的形式与做法正逐渐遗失。通过发掘和借鉴传统山地农村民居所蕴含的适应气候的被动式建筑策略模式，在新民居的设计创作中，充分利用当地的自然资源，结合绿色、可持续发展的设计理念，做出适合当地的生态民居设计方案，为西部湿热湿冷地区山地乡村的民居建设提供指导。

资料来源

图1 Google地图截取；图2~5 作者自绘；图6 作者自拍；图7，8 根据课题组测试资料自绘；图9 作者自绘；图10，11 作者自绘；图12~15 课题组设计；图16 作者自绘；表1 课题组调研成果

参考文献

[1] 韦娜，刘加平，高源. 陕南山地乡村生态民居设计实践. 四川建筑科学研究[J],2012.6.

[2] 成辉，胡冗冗，刘加平. 关于陕西宁强李家院村民居灾后重建的思考. 建筑学报[J],2009（S2）.