

梁明捷,卞观宇. 岭南地区乡村民居生态性改造的策略研究——以佛山仙岗村民居改造项目为例[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2019, 34(3): 46-52. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.03.007

Liang M J, Bian G Y. Strategic Study on Ecological Renovation of Rural Residential Buildings in Lingnan Area —— Taking the Renovation Project of Xiangang Village in Foshan as an Example [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2019, 34(3): 46-52. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.03.007

岭南地区乡村民居生态性改造的策略研究

——以佛山仙岗村民居改造项目为例

梁明捷, 卞观宇*

(华南理工大学 设计学院, 广东 广州 510006; 广东环境保护工程职业学院 环境艺术与服务系, 广东 佛山 528216)

摘要: 依据当下生态政策发展趋向所需, 立足于岭南传统文化, 借鉴岭南建筑“被动生态”原理的精髓, 通过分析岭南地区乡村生态建筑的建筑空间分布、建构格局、民居室内物理环境等方面因素, 查找当下岭南地区乡村建筑的适应性问题。结合现状, 以微观介入的形式, 运用现代生态建筑技术, 试图提出岭南地区农村建筑的生态化改造策略, 以求推动岭南地区乡村民居建筑生态性发展的实践路径。

关键词: 生态建筑; 岭南农村; 生态化改造策略; 被动生态

中图分类号: TU856 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2019)03-0046-07

Strategic Study on Ecological Renovation of Rural Residential Buildings in Lingnan Area

—— Taking the Renovation Project of Xiangang Village in Foshan as an Example

Liang Mingjie, Bian Guanyu

(School of Design, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China;

Environment Art Design Dept., Guangdong Polytechnic of Environmental Protection Engineering, Foshan 528216, China)

Abstract: According to the needs for present ecological policy development tendency, based on the Lingnan traditional culture, referring to the distillation of Lingnan architecture "passive ecological" principle, the factors were analyzed, such as, the architectural spatial distribution, construction pattern, residential indoor physical environment of rural ecological architecture in Lingnan area, to find out the adaptability problems of rural architecture of the area. Combining with the current situation, in the form of micro-intervention, using modern ecological architecture technology, the ecological transformation strategy, which of rural architecture in Lingnan area, was attempted to put forward, in order to promote the ecological development of rural residential architecture in Lingnan area.

Keywords: ecological architecture; Lingnan countryside; ecological transformation strategy; passive ecology

写好美丽乡村绿色发展大文章,探索乡村绿色发展新路径,是建设美丽中国,实现中华民族永续发展

收稿日期: 2019-05-07

基金项目: 国家社科基金资助项目(15BG085); 广东省哲学社会科学“十三五”规划学科共建项目资助(GD18XYS09); 广州市哲学社会科学“十三五”规划项目资助(2019GZYS09)

* 通信作者, E-mail: 977387928@qq.com

的大势所趋和客观需要.习近平总书记的报告强调:“要建设资源节约、环境友好的绿色循环低碳发展人与自然和谐共生,牢固树立和践行绿水青山就是金山银山理念,形成人与自然和谐发展新格局”,指出保护环境就是守护生财之道,持续发展之路.目前,随着农村城市化进程的加快,乡村的建筑结构、居住形式、地域习俗都有了不同程度的改变.但是乡村的民居形态既缺少整体科学规划,又没有先进的建造技术做支撑,造成了乡村住宅盲目地追随城市的功能和要求进行建造,却未按城市的环境标准进行严格把关,致使乡村民居建筑的建设所造成的能耗比甚至超过了城市,给农村环境造成了巨大的生态隐患^[1].

1 乡村生态性住宅理论与实践应用的必要性

1.1 乡村生态性民居改造理论研究的需要

现代乡村民居的建造理论是建立在城市民居建筑基础上,在设计标准、空间布局、建筑材料、建筑工艺等构建元素上对传统的建筑模式进行了改进,但由于乡村居民建筑体系的构建起步较晚,理论上没有因地制宜地进行有效剥离和区分,造成了乡村民居和城市民居在造型形式、材料做法、院落布局没有地域性特色,缺乏传统农村民居建造的传承演变,对当地的生态环境还造成了破坏,难以满足岭南地区民居建造的现状和需要^[2].当前,面对乡村民居理论的研究,主要集中在传统的结构特点、建造技术、材料特性等方面,缺少了与现代绿色生态技术和生态理念的结合,对于新时期农村建筑如何解决农村居民对生活环境日益提高的需求,以及生产、生活的能耗比,装修污染所造成的室内污染物含量比等方面涉及较少^[3].因此建立适合岭南地区气候特征的生态性建筑改造理论是该地区乡村民居建筑理论的需要.

1.2 乡村生态性民居实践应用的需要

岭南农村民居历经上千年的演变进化,逐步形成了以自然地理环境、气候特征为主要因素的住宅模式.随着我国城乡一体化的不断深化,乡村的民居建设形态得到了很大改变,特别是岭南地区作为改革开放的前沿地带,由于受到周边城市居民生活价值观的影响,逐渐引用钢筋混凝土等现代构建方式取代了土木建筑结构,成为当前农村民居建筑改造的趋势,造成了在建筑形态上“千村一面”的困像^[4].特别是在一些老旧民居集中区域,普遍存在承重结构腐化、能耗比较高、规划杂乱、采光和通风不良等问题^[5].然而现今乡村民居的建造上,普遍是将现代建筑手段的引入,却缺少科学合理的规划设计,导致传统的“被动生态”建造技术的丢失,简单的采用现代技术(如空调机、抽湿机)主动干预室内气温、湿度,造成乡村民居建筑对气候适应性的能力下降,同时增加了建筑能耗,对环境造成持续的破坏^[6].在观念上,普遍出现“求大、追奢”的现象,失去了往日的乡土田园情怀和地方文化底蕴特色.因此,保护和继承传统乡村生态性建筑实践技术是发展乡村生态性建筑的需要.

2 岭南地区乡村民居现状特征及存在的问题

2.1 岭南地区乡村民居空间分布现状

岭南地区经历了多次地壳运动,受到断裂、岩浆活动、褶皱等地质影响,形成以山地、丘陵、平原相互交错的复杂地形特点,同时受亚热带湿润季风气候的影响,极大地改变了乡村民居聚集的空间格局^[7].传统的岭南乡村民居普遍遵循临近浅水域,形成以水源为中心民居建设向周围蔓延,道路也依地形辐射(见图1).同时,民居依高阜而建,形成以祠堂为核心的线形、斑块形、矩形和扇形等不同形式的梳式布局(见图2).但是,从当下乡村民居空间分布现状来看,主要存在以下3个特征:首先,民居布局较为集中,改造成本较高.以佛山丹灶仙岗村为例,地处佛山南海西部,处于城乡接合部,由于历史原因,村落布局较为集中,造成基础设施和公共服务用地紧张,改造维护的成本较高.第二,民居基础设施建设滞后,人居环境较差.岭南地区农村民居的分布状态多属于自发性,建设之前缺少统一的规划,基础配套设施如:道路、排水系统、污水管道等都相对滞后,致使人居住环境质量不高.第三,民居散乱无序,传统风貌丢失.随着经济的发展,农村居民建筑也在发生着深刻变化.以家庭为单位,不同的家庭经济状况不尽相同,所修建的样式和风格差异日趋明显,导致民居建设散乱、风格混杂,逐渐放弃了原有岭南传统的构建样式,造成与周边自然环境的格格不入(见表1).种种迹象表明,当前岭南地区农村居民建筑已逐步丢失传统的建造范式,特别是对“被动生态”理念的抛弃,突显出对乡村民居建筑生态性改造的迫切性.



图1 仙岗村以水源为中心的布局



图2 丹灶棋盘村梳式、布局

表1 岭南农村民居空间分布现状

调研时间	调研村落	调研成果	聚集特征	备注说明
2018.08	仙岗村	实地调研、布局测量、建筑考查	以祠堂为核心的斑块形布局,堂屋前面为院落.	对当地水文特点作了实测
2018.08	劳边村	实地调研、布局测量、建筑考查	民居以线性排列,主要集中在道路两边.	对当地建筑空间布局特点做了调研
2018.09	上沙村	实地调研、布局测量、建筑考查	部分住宅前方布置院落,依地形限定院落范围.	对当地农村传统民居院落布局做了梳理
2018.09	下沙村	实地调研、布局测量、建筑考查	新建村落以道路为中心,村民住宅集中布置道路两侧,以线性模式排列的方式.	对当地农村新建建筑的空间布局形式做了梳理
2018.09	罗行村	实地调研、布局测量、建筑考查	住宅后方布置场院,通过地势、房屋限定院落范围.	对当地水文特点作了实测

2.2 岭南地区乡村民居建构现状特征分析




岭南地区乡村民居建筑的材料主要与当地的自然环境有关,同时也受到近代西方建筑技术、材料、风格的影响,体现出多种构建类型^[8].我们通过对佛山南海区丹灶镇仙岗、劳边、上沙、下沙、罗行等5个行政村的现状进行考察研究得出岭南民居建构现状特征(见表2),从民居的建构上主要体现在以下3个方面特征:首先,房屋结构形式.当前岭南地区农村民居建筑以砖混结构砌筑为主,运用钢筋混凝土或实心砖作为承重墙.传统民居还是以穿斗式的木构架作为结构承重,减弱了墙体的承重依赖,但对承重的木柱要求较高,必须选用质地坚硬的木材,并对其进行防腐、防潮处理.第二,墙体围护结构.传统的墙体主要以夯土、木板、竹片等材料,此类材料具有就地取材,易加工,造价便宜等优点.当前岭南既有乡村民居建筑一般采用空心砖进行砌筑,墙体的厚度普遍在240 mm左右,用白灰或水泥进行覆盖装饰.第三,屋顶结构形式.岭南传统的屋顶为硬山式屋顶,与其他地区的屋顶不同,两侧山墙的高度明显高于正脊,造型样式比较多,别具特色.然而新建的民居屋顶一般采用完全的浇混凝土或预制板,一般不作隔热保温的措施,造成冬夏两季在室内环境的舒适性较差.当前,岭南地区农村居民建筑主要是以自建砖混为主,修建模式相对城市比较粗放,修筑技术主要取决于施工人员的经验,没有形成科学规范的施工建筑体系,房屋的安全性和舒适性理想的居住空间存在一定的差距.

2.3 岭南地区乡村民居的室内物理环境因素现状分析

室内物理环境是指那些通过人体感觉器官对人的生理发生作用和影响的物理因素.由室内热湿环境、室内光环境、室内声环境以及室内空气质量环境等组成^[9].室内热湿环境相连是室外热湿环境,指作用于建筑外围护结构上一切热湿物理总称.热湿环境也常见于岭南地区民居建筑,它的根本性落脚点也体现着岭南民居建筑构造与气候结合的特征(见图3和图4).由于岭南地区处于低纬度的丘陵为主的地域,海拔相对较低,年平均气温较高,风速较强,岭南居民春夏季普遍存在的室内环境湿热的问题,为了解决这个问题,传统民居在构建方面呈多样化状态^[10].传统岭南居民在墙体方面一般会采取竹编夹泥墙、板夹壁透气

性较好的建构作为阻挡室外湿热的墙体围护结构^[11].当前岭南农村民居建筑主要采用砖混垒砌,防潮通风性较差,“被动生态”功能下降.在屋顶构造方面,现在岭南农村民居以平屋顶为主,隔热、防水等方面存在功能性的缺陷,同时缺乏岭南传统的屋顶的构造特色.营造室内物理环境相对稳定,必须利用室外热湿环境围护设计,来实现空气温度、空间湿度、风速等因素的调节,从而实现室内物理环境的生态平衡^[12].

表 2 岭南民居建构现状特征

类型	特点	实地照片
房屋结构形式	主要有砌体结构、混凝土框架结构为主,房间较多、内隔墙较多,层高约为 3 m 左右.	
墙体围护结构	岭南自建现代民居,基础常用空心砖,墙体厚度一般多用 240 mm 厚砖墙砌筑,但部分民居为节省材料,用 120 厚砖墙替代部分外墙,抑或采用传统的空斗法砌筑,还有用不同砌体材料混合砌筑墙体.	
屋顶结构形式	新建民居大多数已与城镇多层住宅没有多大区分,檐廊基本已用阳台或晒台替代;还有部分民居采取类似“骑楼”的模式.	

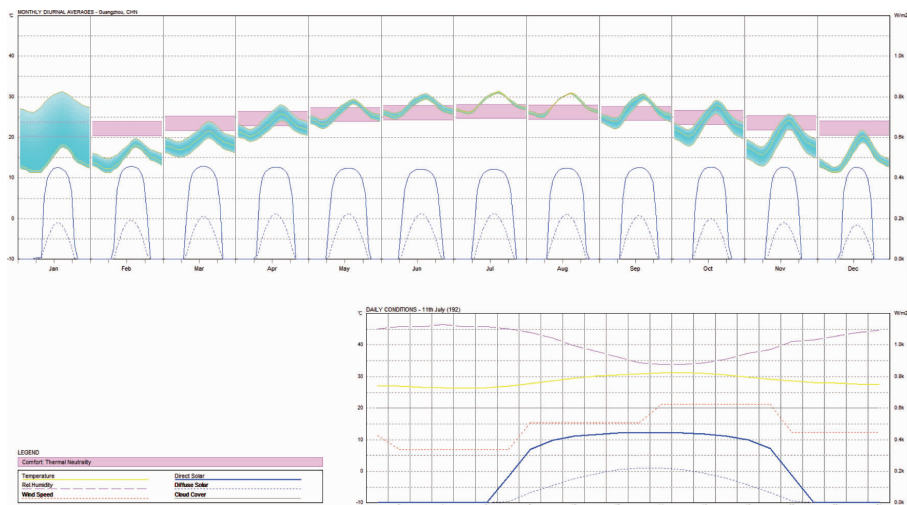


图 3 仙岗村区域范围逐时数据——最热月的日平均温度、湿度、风速、太阳辐射、太阳散射

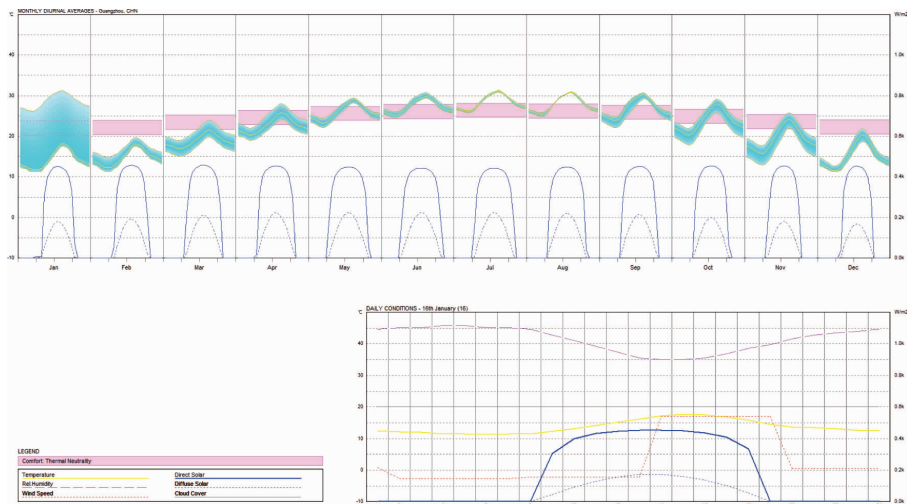


图 4 仙岗村区域范围逐时数据——最冷月的日平均温度、湿度、风速、太阳辐射、太阳散射

3 传统岭南建筑的建造方式所给予的启示

岭南地区农村建筑长期受到湿热气候的影响,逐渐形成了适应气候特征的建筑结构方式.岭南地区长时间高温炎热、湿度大、雨水多,结合这些特征,岭南传统的建筑主要通过空间布局、建筑的立面形式、空间内部的组织、修建方式等方面进行了优化.岭南传统民居建筑所给予我们的启示在主要集中在以下3点:首先是气候的充分考虑.岭南地区属于典型的夏热冬暖地区,传统民居建筑在空间布局上一般采用比较敞开的布局形式,在民居的屋面、墙体、廊等区域通透轻巧,增加空气的流动,不仅缓解了室内湿度问题,同时也增加空间内的舒适感.然后是天然建筑材料的运用.根据区域自然环境的特点,多利用竹、木、藤等主材来增加建筑的通透性,天然建材不仅对环境和人没有次生污染,而且会对部分的化学污染有一定的吸附功能,起到室内空间的净化作用^[13].再有是“被动生态”特征的建造方式.在传统的岭南农村民居建造中,常会通过方位朝向布置,开窗较小,屋顶或里面种植植被,遮阳措施的设计等来实现建筑的保温、降温、通风等功能,我们称为“被动生态”方式,以区别于当今通过现代技术条件实现的“主动生态”方式,以实现居民基本的生活需要.由于当时生产力的制约,岭南地区传统民居主要运用的是自然的建筑材料,通过的热压、风压原理,以及简单的“被动生态”措施,以极低的造价,创造出相对适应、健康的空间环境,这种“自然型”的被动生态建筑模式无疑是我们现代绿色可持续建筑建造模式理应参照的价值理念.

4 岭南地区乡村民居生态性改造的策略研究

4.1 岭南乡村建筑自然通风的改造策略

岭南地区湿热的气候特征明显,适宜的通风空间布局,可以有效地解决室内湿气较重的问题,从而改善人的体感舒适度.建筑自然通风设计涉及建筑的总体布局、朝向、间距,针对民居建筑单体改造来论述,必须组织合理的通风路径、通风开口以及运用适当的导风、引风装置才能更好利用自然风提高室内居住的舒适度^[14].首先是周围地形环境的考虑.处理建筑与周围地形环境的关系时,可采用“前低后高”和有规律的“高低错落”的行列式、周边式、自由式等建筑平面布局,即使通风效果明显,又可缩短建筑间间距,达到节约用地,有条件的还可适当增加天井、冷巷或庭院.但对于现存民居改造,不能将建筑物的位置进行移动,只能通过通风口进行位置的微调.在仙岗村的改造案例中,将相邻的民居单体中的门、窗等主要通风口进行了方位的平移,形成“门对门”的形态样式,加强单体建筑之间的气流畅通,从而提高室内的空气质量.再次是空间风口设计.注重建筑的通风朝向与防太阳辐射等综合的选择原则.以佛山仙岗村现有民居建筑改造项目为例,尽可能选取坐北朝南的整体布局.通风口的方向、口径大小充分考虑周围环境的气流影响因素,合理设计通风开口位置、面积解决室内获得空气流速和流畅等问题,并与夏季风的主导风向一致.在卧室、起居室等主要房间开设进风窗,而在厨房、卫生间等处置排风窗,以形成“穿堂风”,避免西向开设窗户,因而对室内空气的流通起到了良好的调节作用.然后是室内导风构件的设计.在室内空间改造中,结合导风构件形成良好通风^[15].例如,利用窗扇装置,调节窗扇角度,以落地窗、镂空窗和折扇门等作为内隔断或外廊等构造措施,也能有效增强室内空间的导风效果.

4.2 岭南乡村建筑房屋结构的隔热改造策略

乡村民居建筑采用的砖混材料由于保温性能较差,还需要在构造设计、热阻、传热上进行改良,以适应现代居住的要求^[16].结合岭南地区日照时间、强度、气温的特点,其主要隔热的策略分为3种.首先是植被隔热.由于仙岗村除了一些明清时期所建的传统岭南建筑外,其他的民居建筑都是平屋顶结构,所以在屋顶隔热方面主要利用植被层以及培养基质对太阳辐射热的阻隔和通过植物叶面的蒸腾与光合作用对太阳辐射热的吸收功能,这种屋顶相比普通平屋顶具有较强的吸热性,同时种植基层放弃土壤,采用蛭石、珍珠岩、木屑、泥炭等代替土壤种植,具有屋面自重轻、屋面温差小,以及防水防渗的特点,加强自然景观同时,对于改善村民居住环境,保护生态平衡具有积极作用(见图5).再次是蓄水池设计.蓄水屋顶适用于平屋顶建构,在平屋顶上修建一个深度100~150 mm浅水池,利用水在太阳光的照射下蒸发时需要的水汽,从而大量消耗到达屋面的太阳辐射热.这一设计也利用了当地降雨充沛的气候特点,同时也能在屋顶上种植水生植物进行调节,并且装置一定的隔热层减少屋顶向屋内散热(见图6).再次是外墙生态改造.仙岗村新建农村民居一般外墙采用空心砖作为主材,抹水泥砂浆或外贴瓷砖,内墙白色扇灰进行装饰,室内热环境较

差.针对这一状况进行保温砂浆改造或选取色深且哑光的青砖,有效地提高墙体的隔热效果.对于经济能力有限的家庭,在外墙上铺设钢丝网,种植爬山虎、大花老鸭嘴、使君子等攀爬植物,既起到遮阳隔热效果,同时还具有园林绿化作用(见图7).

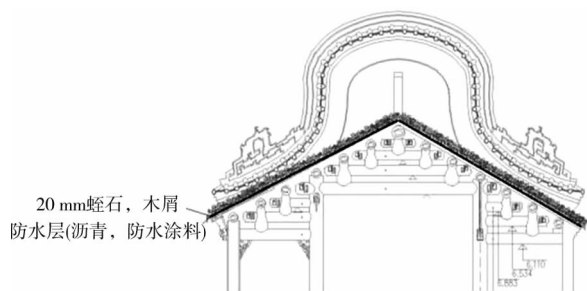


图5 植被隔热改造

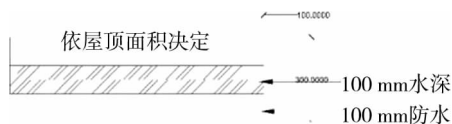


图6 蓄水池设计改造

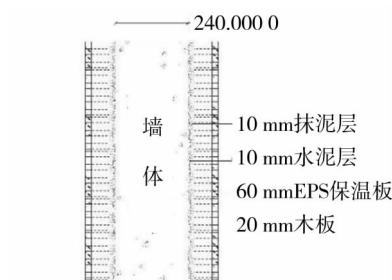


图7 外墙的生态性改造

4.3 被动式节能措施的运用

被动式节能措施主要是利用建筑本身的结构和构造组成要素,控制建筑与自然能量的交换,在冬天尽可能增加建筑的热量,而夏天则最大程度减低建筑的热量,尽量减少利用主动式的耗能耗电的采暖、降温等设备的依赖^[17].而被动式内容也包含了岭南民居中所需的自然通风、隔热、降雨、遮阳等因素的运用,最大限度地利用气候对建筑的有利因素.笔者认为主要路径分为3种:

1) 搭建气候缓冲通风层.当前岭南乡村民居建筑二层阁楼一般为储物空间,为第一层居住空间起到热缓冲的作用,在潮湿炎热的夏季开启二层阁楼的窗户,利用热压、风压原理加速空气的流动,降低房屋内的辐射热,避免了下层空间的室内温度的上升;冬季通过关闭窗口,减少整栋建筑的热量流失,提高空间的保温性能,形成所谓的“烟囱效应”.在实际改造项目中,根据当地所属气候的特点,并结合现有建筑的结构样式,合理的设置气候缓冲位置,以改善室内空间对气候的适应性能力.

2) 设置遮阳措施.针对岭南地区日照时间长、强度大的特点,并吸收传统岭南建筑“骑楼”风格样式,对现有乡村建筑或院落适当的位置加设檐、廊.屋顶和门窗出檐既可遮阳又可防雨.柱廊的宽度约为2 m,成为室内外开敞的过渡区域,特别是在每年3~4月潮湿季节,能够发挥晾晒功能.

3) 太阳能设计的运用.利用现代的太阳能集热器和太阳能电池,供给村落热水和电力^[18].例如,佛山仙岗村方案利用了广东日照充足的气候优势,乡村民居普遍使用太阳能热水器,并与建筑外观协调融为一体.同时在民居建筑、商用与公共建筑的屋面板、外墙板、阳台等位置介入设计太阳能集热板装置.此外,把太阳能路灯的推广纳入美丽乡村“七化六个一”工程的技术指标之一.通过太阳能设计,满足村民的日常能源需求的同时,减轻不可再生资源的使用压力和减轻生态能耗,实现可再生循环的生态能源环境.

4.4 生物能源的利用

随着农村居民思想观念的不断进步,以秸秆、干草、树木等生物质能源为主的生活能耗结构也在发生了改变^[19].目前,岭南地区农村也在大力推广生物质能源的应用.岭南属于热带亚热带地区,常年气温高,建设沼气工程具有得天独厚的条件.近年来,广东省农业环保与农村能源总站等单位牵头,进一步加大了沼气技术的推广力度.岭南农村生物质能源的推广和使用,对推动农村由传统资源消耗型转向资源循环利用型,对促进改善农村的生态环境、保护自然资源、改善农村地域面貌等都具有重要意义.

除了生态质能源的利用外,还可以通过垃圾回收处理进行再利用.农村的生产和生活垃圾多为有机垃圾,以往农民都是集中焚烧,造成农村空气污染.如果将垃圾分类处理,将有机垃圾进行生物质低温降解,可以转化为能源.例如佛山仙岗村为推进农村生活垃圾处理无害化,将垃圾定点分类.有机垃圾统一回收,实施垃圾堆肥处理,实现循环利用.并积极探索再循环利用的方法,尝试把回收园林植物废弃物进行粉碎,然后加上堆肥辅料和发酵菌进行发酵,最后做成有机肥料.对于不能处理的垃圾集中也能送到专业垃圾场,减轻了对农村环境的污染压力,取得了一定成效.

5 结论

1) 在湿热气候环境下,岭南农村既有民居建筑必须针对构造设计上进行改进,以弥补热工性能的缺陷,同时在建筑材料的选择、改造方案的适宜性设计、构筑方式等方面进行生态性优化,以利于民居改造后达到可持续发展的目的.

2) 结合建筑气候适应性的参数,总结和分析既有民居建筑的现状及问题,为系统的生态应对民居改造奠定基础.但由于民居生态性改造研究是一个持续、动态的过程,受时间所限,仍需要在更多的实践案例中进行深入研究,修正成果中的偏差,以进一步完善生态性民居改造的构建模式,以期在更广泛的地域进行应用.

3) 通过方案设计和实际案例的分析梳理,岭南地区对现有民居建筑进行生态性的改造不仅具有良好的操作性,而且改造成本比较低,能够创造出与居民理想生活相适应的居住空间,同时保持了地域的特色,在真正意义上为岭南地区乡村民居生态性改造提供理论引导和实践借鉴.

参考文献:

- [1] 刘邵权.农村聚落生态研究理论与实践[M].北京:北京环境科学出版,2008.
- [2] 高原.西部湿热湿冷地区山地农村民居适宜性生态建筑模式研究[D].西安:西安建筑科技大学,2014.
- [3] 李竹,刘晶晶,王嘉峻.乡村振兴下的村落公共空间重塑——以李巷老建筑改造为例[J].建筑学报,2018(12):10-19.
- [4] 党雨田,庄惟敏.为乡村而设计:建筑策划方法体系的对策[J].建筑学报,2019(2):64-67.
- [5] 夏韩辉,蔡东,曹稔.广东新农村低能耗生态住宅建设问题分析[J].山西建筑,2012(36):205-206.
- [6] 王芳,王力.绿色生态策略在传统生土建筑改造中的应用——以郑州邙山黄河黄土地质博物馆建筑设计为例[J].建筑科学,2014(2):24-29.
- [7] 艾红梅,白雪娇.新农村生态建筑材料[J].建筑技术与应用,2010(1):11-14.
- [8] 陈飞.建筑风环境[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [9] 刘馨蕊.乡村建筑空间改造中地域文化元素的应用意义[J].山西建筑,2017,43(29):40-42.
- [10] Viorel B. Economic aspects of using ground thermal energy for passive house heating[J]. Renewable Energy, 2007(5):895-903.
- [11] 丁欣之,祝一波,朱灿银,等.夏热冬冷地区既有居住建筑绿色改造实践——以白鹭新村为例[J].建筑科学,2019(12):43-47.
- [12] Guy S, Farmer G. Reinterpreting sustainable architecture: the place of technology[J]. Journal of Architectural Education, 2001, 54(3):140-148.
- [13] 任春霞.生态建筑中的自然通风设计问题研究[J].建筑规划与设计,2018(8):117.
- [14] 葛召深,王静.被动式超低能耗建筑保温系统在既有改造项目中的应用研究[J].建筑技术,2018(4):346-348.
- [15] 崔少华,付素娟.被动式低能耗建筑节能技术在既有居住建筑节能改造中的应用[J].建设科技,2017(6):29-31.
- [16] 谢倩.适应气候的建筑设计新探索[J].建筑与文化,2018(3):218-220.
- [17] 杨昌明.建筑资源的再利用[M].北京:中国计划出版社,2009.
- [18] 徐小东,吴奕帆,沈宇驰,等.从传统建造到工业化制造——乡村振兴背景下的乡村建造工艺与技术路径[J].南方建筑,2019(2):110-115.
- [19] 徐燊,江海华,王江华.五种气候区条件下建筑窗墙比对建筑能耗影响的参数研究[J].建筑科学,2019,35(4):91-95.