

# 湿热地区独立式住宅绿色建筑被动式设计策略

周澧骊 陈翠婉 李妙玲

(1.广州科技职业技术大学, 广东 广州 5100801)

**摘要:** 高温高湿环境下独立式住宅面临的首要问题是能耗激增与人居环境的不适感。设计过程应立足当地气候与居住行为, 制定合理的绿色建筑设计策略来实现节电、提高舒适度及实现邻里和谐的多重目标。围绕建筑朝向、建筑遮阳、建筑通风三大被动式设计策略, 从形体设计、微气候调节到行为适配展开讨论。改变传统单一标准为集成目标, 耦合多项被动式设计技术。将节能减排、提升热舒适、减少阴影纠纷、调节微气候等内容作为研究重点。独立式住宅的绿色建筑被动式设计策略将塑造可复制的节能低碳技术系统, 为提升人居环境质量、促进城市可持续发展提供实践参考。

**关键词:** 独立式住宅; 绿色建筑; 遮阳; 通风

**基金项目:** 广东省高等教育学会“十四五”规划2025年度高等教育研究课题(项目编号: 25GYB146); 广东省人力资源研究会2025年度科研课题项目(项目编号: GDHRS-25-01-048)。

DOI: doi.org/10.70693/rwsk.v1i10.1490

## 1 前言

随着全球气候变化加剧与城市化进程同步高速推进, “高温-高湿”复合胁迫已成为制约湿热地区人居环境品质与建筑能效提升的关键瓶颈。居住建筑夏季空调负荷的40%~60%源于太阳辐射得热, 而在夏热冬暖与夏热冬冷气候区, 独立式住宅因形体系数大、围护结构散热路径单一, 其能耗密度已逼近同类公共建筑。在此背景下, “绿色建筑”与“被动式设计”成为降低建筑运行碳排、提高居住舒适度的关键路径。代表性气候适应性被动式设计策略可分为三类: 建筑形体朝向布局、建筑遮阳设计、建筑自然通风设计。

## 2 湿热地区与被动式绿色建筑

典型的湿热地区城市包括我国海口、广州、桂林等, 以及新加坡、迈阿密等国外城市。这些地区的气候特征是夏热冬暖、高太阳辐射、静风场。就实地测量数据看, 该地区年降水量在1200mm以上, 年平均温度均高于20℃。而“绿色建筑”在本研究中采用国标《GB/T50378-2019》的定义, 即在建筑全寿命期内以绿色环保建材、绿色节能、绿色生态环境为导向, 以构建健康、舒适、高效的使用空间为目标的新型建筑。至于“被动式设计”则是绿色建筑理念践行中能以建筑设计为导向的应用策略。其具体做法是通过建筑本体设计, 如建筑形态与朝向、围护结构与材料、自然通风、遮阳构造、景观绿植等, 来实现热舒适与节能的设计策略。并且在使用过程中不依赖或最小化机械系统, 以实现低能耗的目的。

早期湿热地区的建筑实践缺乏应对气候问题的整体观策略, 多聚焦于单一技术的热工与能耗表现。孤立地考虑遮阳、通风、垂直绿化、高反射屋面等技术手段, 因而无法将多项被动技术纳入多目标优化框架。而近年来, 随着“绿色建筑”评价体系的日臻完善, 被动式设计被纳入多元维度的集合设计策略。在过程维度强调被动式设计在生命周期内的运维调适与材料碳排<sup>[1]</sup>; 在性能维度上关注能耗削减热与湿环境改善; 在人文维度则聚焦居住者视觉体验、热舒适感知与行为的交互。可认为, 在湿热地区独立式住宅语境下, 绿色建筑被动式设计策略将气候条件、建筑设计、人居环境相协同, 借助被动式系统与居住者的自适应行为的结合来实现建筑低能耗、热舒适

**作者简介:** 周澧骊(1992—), 男, 讲师, 研究方向为公共建筑设计。

陈翠婉(1991—), 女, 讲师, 研究方向为绿色建筑设计。

李妙玲(1986—), 女, 讲师, 研究方向为景观建筑设计。

**通讯作者:** 李妙玲

度最大化、高湿高热风险最小化的目标。

### 3 绿色建筑被动式设计策略

#### 3.1 绿色建筑朝向与布局设计

朝向是直接决定太阳辐射输入与风向夹角的核心变量,早期项目以纯南北向为建筑布局最优解,但是湿热地区风速高、湿度大,单纯南向可能削弱穿堂风。因而后续实践中尝试将建筑长轴与夏季主导风向成锐角布置,可有效改善室内通风效果。此外,在群体布局中通过前后排形体错位还能打破风影区,后排建筑正面风速接近前排建筑的八成。如果突破单一矩形形体设计,引入L形、U形等半围合形体,能形成较好的风廊空间,有利于局部微气候的改善。室外半围合空间设置景观庭院,通过树荫或者建筑遮挡可以进一步调控辐射,让更多的空间面积处于阴影下,室外庭院日均温度有3℃以上的降低。突破传统单一的“布局最优”或“朝向最优”的标准后,朝向与布局的耦合设计,呈现了非线性、多维提升的显著成效。但是在场地情况复杂的独立式住宅中,由于建筑面积或用地的限制,很难实现高度自由、灵活的建筑布局设计与朝向选择。因此,相较于遮阳或通风设计,朝向与形体布局并非多数独立式住宅的设计策略重点。

#### 3.2 绿色建筑遮阳设计

建筑遮阳早期侧重探讨固定式外遮阳的几何参数对建筑冷负荷的影响。例如,水平构件出挑深度、遮阳百叶倾角、相邻百叶间距等。这是一种“遮阳系数-太阳辐射得热”线性模型的分析框架。一般认为,遮阳构件投影系数越高则制冷能耗越低<sup>[2]</sup>;可有研究发现,当遮阳构件深度超过某临界值后,其对采光的不利影响将高于自然通风带来的节能收益。因此此后的建筑实践中开始在阴影遮蔽、通风效果提升、舒适的采光环境中谋求遮阳构件几何设计的优化平衡。近年来,建筑遮阳设计开始聚焦于:传统型遮阳构件的新发展、表皮设计与遮阳的结合、立体绿植景观的遮阳效用等。基于传统固定式外遮阳体系,设置可根据太阳高度角自动调节的电动百叶,还能将节能效率进一步提高10%以上。被动式遮阳设计因此成为绿色建筑系统中,一种兼具能耗控制与热舒适度的常见技术手段。

#### 3.3 绿色建筑通风设计

在密度城市中,独立式住宅很难通过与周边环境的水平向布局设计来调控通风效果。因此在建筑形体内部进行设计,能获得更稳定的通风效益提升。常见的设计策略有:遮阳表皮形成双层立面改善通风、结合“烟囱效应”或对流的建筑剖面形态设计、作为气候调节器的庭院空间。其中双层立面系统是被动通风的新方法,其本质是利用内外两层表皮间400mm到1500mm宽度的空腔,形成耦合了热压与风压的气流驱动腔体。而通过剖面设计形成的“烟囱效应”是利用热压差驱动空气流动,在昼夜温差较大的地区能有显著效果。可对于湿热地区其昼夜温差多低于5℃,通过竖井形成的拔风效果并不显著。因此在我国华南沿海地区则多利用夏季主导风形成的风压,通过内部的对流改善通风,如遇到台风天气则可关闭门窗,或通过可调节百叶避免过度通风。当遇到夜间风速较低的情况则可以通过手动开窗,让内外热压主导通风。最后,可结合庭院引导通风来改善微气候,通过合理设计其高宽比,结合植被蒸腾作用以及水体蒸发可以形成很好的通风效果,并营造宜人舒适的室外环境。

### 4 独立式住宅绿色建筑遮阳设计实践

#### 4.1 传统型构件遮阳

构件式遮阳(fixed-element shading)指以水平、垂直、综合式及挡板四类基本几何原型为骨架,通过钢筋混凝土、铝合金、穿孔铝板、陶土百叶等材料与构造,直接成为建筑立面或屋面组成部分的遮阳装置<sup>[3]</sup>。与活动百叶或内遮阳产品不同,构件式遮阳一旦建成即与主体结构同寿命,因而对独立式住宅的全年能耗、立面美学及邻里关系具有长期锁定效应。近年来,有不少湿热地区的独立式住宅项目,尝试将遮阳构件与建筑空间或立面造型进行新的结合。位于印度的VAAZH住宅(表1-A)将建筑屋顶与水平式遮阳结合,塑造了独特的弧线型多层脱离的水平遮阳构造。弧形遮阳构件下覆盖的是半室外走廊与景观庭院,曲面下沉屋顶朝向西侧,能有效遮挡烈日的直射。综合来看构件式遮阳的新趋势是:形式由单一转向复合,材料由重质转向轻质,构造由固定转向可调节,设计由经验式转向参数计算。

表1 绿色建筑遮阳设计策略

| A 构件遮阳  | B 表皮遮阳   | C 绿植遮阳  |
|---|--|---|
|  |  |  |
| VAAZH 住宅, 印度  | 瓦巢住宅, 越南   | Erasto 住宅, 墨西哥  |

#### 4.2 新型表皮式遮阳

表皮式遮阳 (shading-skin system) 指将遮阳功能与建筑外围护结构一体化设计, 通过穿孔板、双层通风腔体或可调百叶等构造, 在遮挡太阳辐射的同时, 借助“文丘里效应”与“烟囱效应”主动诱导气流, 降低独立式住宅制冷负荷。与构件式遮阳相比, 表皮式遮阳具有双层界面、空腔通风、微气候调节三大特征, 尤其适用于湿热地区高湿、弱风、强辐射的极端情况<sup>[4]</sup>。

位于越南河南省的瓦巢住宅 (表 1-B) 设计了双层立面, 内部是大面积玻璃幕墙, 保证了良好的采光, 而外部是如波浪形的层叠镂空表皮。垂直的内墙与成倾斜角度的瓦片外墙间设置有多处绿化阳台, 外壳与内墙间形成了空隙, 有利于微气候的调节。仿佛悬空飞舞的瓷砖其标准尺寸是 340mmx200mmx12mm, 它们水平布置左右错位, 较小的尺寸不会阻挡空气的流动, 但密集的排布又兼具良好的遮阳效果。综合来看表皮式遮阳在湿热地区呈现以下趋势: 传统单层穿孔的优化, 空腔厚度精确计算, 孔隙率的数值平衡, 与其他因素的智能联动。

#### 4.3 新型绿植式遮阳

立体绿植式遮阳 (3D green shading) 指将种植乔木、灌木、藤蔓或模块化绿墙系统与建筑屋顶、阳台、立面或架空层等三维空间与结构构件想结合, 形成“植被-间层-围护”复合遮阳体系。按照空间维度可分为: 屋顶梯田式绿化、立面垂直绿墙、阳台或露台花槽绿化、空中庭院立体园林四类。其遮阳机理兼具植被遮光、蒸腾降温、空腔通风三重效应, 尤其适用于湿热地区太阳辐射强、通风需求大的独立式住宅。

位于墨西哥的 Erasto 住宅 (表 1-C) 是一栋藏匿于热带绿植景观中的地域性建筑。其首层与顶层有大面积的底层花园与屋顶花园, 而中间楼层还设置了极宽的出挑阳台, 阳台三侧布置有 U 字形的绿化花坛。基本上每一层都设置有 360° 的玻璃幕墙, 使得几乎所有室内空间都能直接接触绿色景观。而茂密的阳台绿植与出挑深远的平台又能极好地避免太阳的直射。综合来看, 绿植式遮阳在湿热地区中呈现以下发展趋势: 单一绿化走向技术集成化, 结构构件轻量化, 运维智能化。

### 5 独立式住宅绿色建筑通风设计实践

#### 5.1 遮阳表皮与自然通风的结合

湿热地区建筑外墙难以同时兼顾采光、通风与遮阳, 因此“双层墙”成为一种具有“呼吸特征”的新型被动式构造, 开始广泛应用。建筑表皮在设计时为了统一且连续的形式美感, 多与建筑主体外维护结构脱离。这样表皮外壳与内层外墙间自然产生了风压空腔, 可以通过表皮的形式与开孔率等要素来调控空腔内的气流。常见的表皮通风原理包括: 利用穿孔遮阳板表皮强化室内对流, 更易形成穿堂风; 其次是利用空腔间隙从下而上形成拔风的烟囱效应。尤其在环境条件复杂的城市用地中, 外表皮可以确保较好的隐私性, 并形成特点鲜明的外观形象。在住宅改造中, 同样可以在建筑原有立面外侧通过附加的轻质、通透的表皮改善通风效果。原有建筑外挂新型表皮立面可在离地 1.2m 左右的高度设置进风口, 如果建筑顶层设置有阁楼空间或者通风隔热间层, 还可以形成由立面延续至屋顶面的“连续烟囱通道”。

位于哥斯达黎加热带雨林中的林中小屋（表 2-A），建在典型的湿热气候环境中，其立面全部用水平条状木百叶包裹。木条百叶具有良好的遮阳效果，同时由于间隙的控制，并未影响内部采光。外部表皮并非紧贴内部空间，部分区域如休闲区、餐厅直接以类似架空层的形式出现。公共区一侧的百叶外墙还可以向上收拢，完全打破内外空间的界面，也就形成了一处巨大的通风腔体。从此项目中可见表皮式遮阳与自然通风的良好结合，并且由于活动式百叶窗的存在获得了空间形式的更多可能性。

表 2 绿色建筑通风设计策略

| A 表皮与通风   | B 剖面与通风  | C 庭院与通风   |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 哥斯达黎加小屋   | 陶瓷住宅，越南  | 叠园宅，广州  |

## 5.2 建筑剖面与自然通风设计

与双层墙中利用空腔形成烟囱效应类似，在建筑内部设置天井或垂直向错开的开敞式空中花园将建立起三维立体的气流引导体系<sup>[5]</sup>。这需要设计者突破传统二维的布局思维。在底层空间与建筑迎风面合理组织形体开口，将气流引入建筑深处，并形成垂直向的气压梯度差，住宅内部中间楼层灵活错动布置敞开式花园或可开启外窗，而顶部楼层通过整体式遮阳架或通风隔热间层等构造，进一步引导气流形成复合型的自然风立体通道。一般情况下低处进风口应设置在常年主导风上风向，其高度应离地 1m 左右，以引导气流经过居者活动区；而高处出风口可结合主导风下风位布置，出风口离地 2.5m 以上，以获得更好的拔风效果<sup>[6]</sup>。其中，中庭、天井、通高空间等要素是实现良好通风效果的关键，这类空间能将水平分布的气流进出口联系起来。根据模拟计算，此类垂直竖井空间的通高高度若能达到建筑总高一半，将获得更佳的烟囱效应通风。

位于越南小镇的陶瓷住宅（表 2-B），由著名建筑师武重义设计。该项目是商住一体的项目，房屋还兼具陶瓷产品售卖的功能，其外观使用独具当地特色的粗糙陶瓷砖作为表皮材料，兼具了遮阳与通风的效果。此外，其内部空间地上有 5 层，在 2-4 层临街一侧设置了通高的空中花园，3-4 层设置了通高的内部起居空间，整座建筑还灵活插入了多处块状花园，顶层有种植绿化隔热层。可见本项目在用地局促的情况下，灵活地将表皮遮阳与剖面的竖井通风系统相结合，不仅获得更佳的通风效果，亦在嘈杂环境中塑造了优美的绿景空间。

## 5.3 景观庭院与自然通风设计

庭院空间在多地区、多民族的传统建筑中都获得了广泛应用，这是因为庭院空间能拓展人的活动范围，实现更好的采光、通风、采景效果。将建筑水平向形体布局与庭院空间结合，能建立起稳定的自然风压差。对于用地较为充裕，可以布置室外庭院的独立式住宅项目，可通过不同尺度与形态的围合，来塑造庭院空间。例如 L 形、U 形体量形成的半围合边庭，回字布局形成的内向庭院等。建筑形体的平面布置还可以采用前后错位、对角开口、迎向风口、前放后收等布局手段构建清晰的水平向气流路径。有研究表明，建筑进深不应大于建筑高度的 5 倍，以免穿堂风无法形成连贯的风道<sup>[7]</sup>。同时在湿热地区还可以通过树荫、水体蒸发散热、减少硬质地面等手段进一步降低庭院温度。

由源计划事务所设计的位于广州的“叠园宅”项目（表 2-C），是一座具有典型岭南地域特征的新式岭南庭院住宅。建筑内的功能房集中于西北与东南角，呈对角布置，而西南与东北两侧则设置开敞廊道，整体布局疏密有致，开阔畅朗。而东侧还布置了多处小水院，利用水体进一步降低夏季东南主导风向的热风。在西北下风向亦对角布置了小型庭院，获得了较好的水平向导风效果。



## 6 结语

被动式设计策略在独立式住宅中的运用是一种高效且低碳的绿色建筑技术,标志着被动式节能设计从早期单一目标的设计思维转向了多维协同,多元互动的新范式。通过建筑形体造型设计、被动式遮阳策略、人居环境质量提升的有机融合,独立式住宅可以突破传统固定式遮阳或孤立技术的桎梏,展现了高密度住区中实现碳中和目标的可持续路径探索的可能性。这些实践不仅揭示了被动式策略的多重价值,更反映了设计环节中转向“居住者中心”的认知进化。通过微气候现场实测、居者行为追踪、多目标优化与数字孪生验证,独立式住宅的绿色建筑设计将进化为可自我感知、社区共治的“绿阴微系统”,在每一栋小屋与城市整体之间织就低碳而和谐的生活图景。

### 参考文献:

- [1]赵俊刚,董鑫,尹名强,等.基于碳中和及气候适应性原则的被动式建筑应用潜力研究——以重庆市为例[J].气象与环境学报,2022,38(05):1-14.
- [2]丁玉贤,孙维娜.基于 eQUEST 模拟的严寒地区内廊式教学楼节能优化研究[J].上海节能,2022,(02):145-152.
- [3]郑毅.城市建筑中绿色节能技术的选择与应用[J].河南科技,2014,(13):170.
- [4]李诗婷,杨红,谢静超.双层外墙体系类型及其在极端湿热气候区的适应性浅析[J].墙材革新与建筑节能,2017,(11):57-61.
- [5]曹天骥.绿色建筑理念在商办建筑设计中的应用[J].佛山陶瓷,2025,35(06):160-162.
- [6]杨川.被动式通风技术在绿色建筑中的应用分析[J].中国建筑装饰装修,2025,(13):97-99.
- [7]张良钰.夏热冬冷地区大学校园院落空间被动式设计策略研究[D].东南大学,2017.

## Passive Design Strategies for Green Buildings of Detached Houses in Hot-Humid Regions

Zhou Lili , Chen Cuiwan , Li Miaoling

(Guangzhou University of Science and Technology, 510080 Guangzhou, Guangdong, China)

**Abstract:** The primary challenges faced by detached houses in hot and humid environments are surging energy consumption and discomfort in the living environment. The design process should be grounded in the local climate and occupant behavior to develop appropriate green building design strategies. These strategies aim to achieve multiple objectives: energy savings, improved comfort, and enhanced neighborhood harmony. Focusing on three key passive strategies—building orientation, solar shading, and natural ventilation—the discussion spans from architectural form design and microclimate regulation to behavioral adaptation. The approach shifts from traditional single-criterion methods towards integrated goals, coupling multiple passive techniques. Key research priorities include energy conservation and emission reduction, improving thermal comfort, minimizing shadow-related disputes, and regulating the microclimate. The passive strategies for green detached houses will shape a replicable system of energy-saving and low-carbon technologies, providing practical references for enhancing the quality of the human settlement environment and promoting sustainable urban development.

**Keywords:** Detached house; Green building; Solar shading; Ventilation