

生物气候建筑设计策略在湿热气候区的应用研究

郭京琦 刘琳曼

中国五洲工程设计集团有限公司 北京 100053

摘要:在全球气候变暖与可持续发展理念推动下,湿热气候区的建筑设计面临室内热舒适保障与低能耗需求的双重挑战。本研究聚焦湿热气候区(如东南亚、中国南方地区)的气候特征(高温、高湿、多雨),系统分析生物气候建筑设计策略的适应性应用。研究发现,结合地域性生物气候原理的设计方法可使湿热地区建筑能耗降低20%-35%,并显著提升室内热舒适度。本研究为湿热气候区绿色建筑实践提供了可操作的策略框架,对推动地域特色可持续建筑发展具有理论与实践意义。

关键词:生物气候建筑设计;湿热气候区;自然通风;遮阳设计;绿色建筑

引言:湿热气候区占据全球约30%的陆地面积,主要包括赤道附近及亚热带湿润地区,其气候特征表现为年平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $> 80\%$ 、降水集中且太阳辐射强烈。在此类气候条件下,传统建筑若依赖机械制冷维持室内舒适环境,将导致巨额能耗与碳排放;而单纯采用现代建筑技术(如密闭空调系统)又会割裂建筑与自然的联系,丧失地域文化特色。生物气候建筑设计理念强调以“气候适配性”为核心,通过建筑形态、空间布局、构造技术与自然环境的协同,实现低能耗热舒适调控。

1 生物气候建筑设计核心价值与适应性需求

生物气候建筑设计以“气候适配”为核心,强调建筑与自然环境的动态平衡,其核心价值在于通过最小化人工干预实现室内热舒适与能源高效利用。该理念摒弃传统建筑依赖机械系统调控环境的模式,转而通过建筑形态、空间布局、材料选择等被动式设计策略,主动响应当地气候条件。在全球可持续发展目标驱动下,生物气候设计不仅能降低建筑全生命周期能耗,减少碳排放,还能延续地域建筑文化特色,增强人与环境的互动。尤其在气候复杂多变的地区,其适应性需求更为突出——需精准匹配不同气候区的温湿度、日照、风向等要素,灵活整合传统智慧与现代技术,实现生态效益、经济效益与社会效益的统一。

2 湿热气候区环境特征与建筑需求分析

2.1 湿热气候的典型特征

湿热气候区主要分布于赤道附近及亚热带湿润地

带,以高温、高湿、强降雨与显著季风为典型特征。全年平均气温常维持在 25°C 以上,相对湿度超过80%,高湿环境导致汗液蒸发受阻,人体热舒适度显著下降;频繁且集中的强降雨加剧了空气湿度,并对建筑防水防潮性能提出严苛要求;此外,季节性季风虽可为自然通风提供动力,但风向与风速的不稳定性增加了通风设计难度。长期的高湿度与强太阳辐射,还易引发建筑材料老化、结构腐蚀等问题,进一步凸显了建筑设计适配气候的必要性。

2.2 湿热环境对建筑的影响

(1) 室内热湿环境控制难题

湿热气候的高温与高湿耦合效应,使室内热湿环境控制成为建筑设计的核心挑战。高温导致室内热量积聚,而高湿度阻碍人体散热,传统空调系统虽能降温,但难以有效除湿,且能耗极高;自然通风虽可改善空气流通,但易引入室外湿气,进一步恶化室内湿度环境。此外,湿热气候下霉菌、蚊虫滋生风险显著增加,对室内空气质量与卫生条件构成威胁,亟需通过系统性设计实现热、湿、空气质量的协同调控。

(2) 通风与防潮的矛盾性需求

在湿热地区,自然通风与防潮需求常呈现矛盾关系。一方面,强化通风有助于加速空气流动,降低室内温度、驱散湿气,但频繁的空气交换易使室外高湿度空气渗入室内;另一方面,为阻隔湿气而采用密闭构造,又会导致室内空气滞留、热量无法排出,加剧闷热感。此外,强降雨过程中的雨水渗透风险,进一步要求建筑在通风开口设计时兼顾防雨功能,这对建筑构造技术与空间布局提出了更高的协调要求。

2.3 生物气候适应性设计原则

(1) 被动式设计优先

被动式设计优先原则强调通过建筑自身的形态、空

第一作者简介:郭京琦(1994年—),女,汉族,山东省宁阳县人,大学本科,工程师。

第二作者简介:刘琳曼(1992年—),女,汉族,河北省石家庄市人,硕士研究生,工程师。

间与构造,而非依赖主动式设备,实现环境调节。在湿热气候区,可通过优化建筑朝向、布局与体型系数,最大化利用自然通风与遮阳;采用架空层、天井等空间形式,增强空气流通路径;利用热压通风原理,设计拔风烟囱、通风塔等构造,实现无能耗的室内外空气置换。被动式策略不仅能降低建筑运行能耗,还能减少对机械系统的依赖,提升建筑的环境韧性。

(2) 自然通风与遮阳的协同优化

自然通风与遮阳的协同是湿热气候区设计的关键。通过分析季风风向与太阳辐射角度,合理设置导风装置、通风口与遮阳构件(如百叶、格栅、绿化遮阳),既能引入凉爽气流降低室内温度,又能阻挡直射阳光减少得热。例如,采用可调节遮阳系统,在保证通风的同时灵活控制日照强度;结合建筑立面设计通风廊道,引导气流路径。这种协同设计需兼顾不同季节、时段的气候差异,实现动态化的环境调节。

(3) 材料与构造的防潮耐久性

针对湿热环境对材料的侵蚀作用,建筑需选用防潮、耐腐、透气的材料,并优化构造设计。例如,采用砖石、混凝土等密实性材料结合防潮层,防止地下湿气上返;选择竹木、金属等耐候性材料,减少霉菌滋生风险;在构造层面,通过架空地面、设置通风间隙、采用呼吸式幕墙等方式,加速湿气散发,避免冷凝现象。此外,建筑外立面可采用排水槽、滴水线等细部设计,增强防雨性能,延长建筑使用寿命。

3 生物气候设计策略的协同机制

3.1 多策略耦合的适应性设计模型

在湿热气候区,通风、遮阳、防潮系统的协同并非简单叠加,需构建动态平衡的多策略耦合模型。该模型以气候数据为基础,通过参数化设计整合自然通风路径优化、可变遮阳构件调节与防潮构造创新。例如,结合季风方向设置可开合通风口,在引入气流的同时利用遮阳百叶阻挡阳光直射;采用双层呼吸式幕墙,外层防雨遮阳,内层通风换气,实现空气流通与湿气阻隔的平衡。同时,模型需考虑不同季节气候差异,通过智能控制系统动态调节各策略权重,确保建筑在高温多雨季保持通风散热,在湿度饱和期强化防潮性能,形成全周期自适应的环境调控体系。

3.2 性能模拟与优化方法

CFD(计算流体力学)模拟、热工计算等工具是湿热气候区生物气候建筑性能优化的核心手段。CFD模拟可直观呈现建筑内外气流组织,通过调整通风口位置、形状与尺寸,优化自然通风效率;热工计算软件(如

EnergyPlus)则能量化遮阳系统、围护结构对室内热环境的影响,辅助选择隔热材料与构造方案。此外,利用BIM技术整合多物理场模拟,可同步分析风环境、热环境、光环境间的交互作用,例如通过模拟不同遮阳角度下的通风路径与得热量,实现遮阳与通风的协同优化。这些工具为设计方案提供量化反馈,帮助设计师在方案阶段预判性能短板并迭代改进。

3.3 用户行为与设计策略的交互影响

用户生活习惯对建筑性能具有显著反馈调节作用。在湿热地区,居民开窗通风、使用遮阳设施的频率与时段,直接影响建筑自然通风与隔热效果。例如,当地居民倾向于夜间开窗通风,设计时需强化夜间通风路径优化;若用户偏好灵活遮阳方式,可采用可调节百叶或活动遮阳帘,以满足个性化需求。此外,用户行为数据(如室内温湿度调节频率、设备使用时长)可反向验证设计策略的有效性,例如通过监测发现某区域通风不足,则需调整导风装置或增加通风开口。这种“设计-使用-反馈”的循环机制,促使建筑设计从静态策略转向动态适配,更好地契合居民实际需求与生活模式。

4 湿热气候区生物气候设计的核心策略

4.1 自然通风设计技术

(1) 建筑布局与朝向对风环境的影响

在湿热气候区,建筑布局与朝向是优化风环境的关键。建筑宜采用行列式或错列式布局,减少相互遮挡,最大化利用季风引入自然风。南北向布局可使建筑迎风面与夏季主导风向平行,缩短风的流通路径,增强通风效果;同时,合理控制建筑间距,确保前后建筑间形成顺畅的风道。对于群体建筑,可通过设置通风廊道、下沉广场等开放空间,引导气流进入建筑群内部。此外,结合地形设计,利用山地、坡地的高差形成风压,辅助自然通风,从而有效降低室内温度与湿度,提升居住舒适度。

(2) 开口位置与尺寸的优化方法

开口位置与尺寸直接影响自然通风效率。开口应根据风向与室内空间功能布局设置,如在迎风面与背风面设置高低错落的窗户,利用热压通风原理促进空气流动;在走廊、楼梯间等区域设置通风口,形成空气流通通道。开口尺寸需综合考虑通风需求与防雨要求,避免过大开口导致雨水渗入。可通过CFD模拟分析不同开口组合下的气流速度与分布,优化开口位置与大小。同时,采用可调节百叶窗、推拉门等灵活开口形式,方便用户根据天气变化自主调节通风量,实现通风与防护功能的平衡。

4.2 遮阳与隔热技术

(1) 水平/垂直遮阳构件的适应性设计

水平遮阳构件适用于遮挡高度角较大的太阳辐射,如南向立面,可通过固定或活动式遮阳板、遮阳棚等形式,减少阳光直射室内;垂直遮阳构件则更适合遮挡低角度阳光,常用于东、西向立面,可设计为垂直百叶、格栅或绿化遮阳墙。遮阳构件的尺寸、角度与间距需结合当地太阳高度角、方位角进行精确计算。例如,活动式遮阳可根据季节调整角度,夏季完全展开遮挡阳光,冬季收起以获取日照。此外,将遮阳构件与建筑立面造型结合,既能满足功能需求,又能丰富建筑外观,体现地域特色。

(2) 反射与辐射隔热材料的性能要求

反射与辐射隔热材料是降低建筑围护结构得热的重要手段。高性能反射隔热涂料需具备高太阳反射比(≥ 0.8)和半球发射率(≥ 0.9),可有效反射太阳辐射,减少墙体表面温度;辐射隔热材料则通过发射长波辐射,将热量散发到环境中。屋面材料可选用浅色陶瓦、金属反光板等,降低屋面温度;墙体采用隔热保温砖、真空绝热板等复合构造,结合空气间层设计,增强隔热性能。同时,材料需具备良好的耐候性、防潮性,以适应湿热气候的侵蚀,确保长期稳定的隔热效果。

4.3 防潮与除湿技术

(1) 墙体与屋面的防潮构造层设计

墙体与屋面防潮构造层设计是抵御湿气侵入的关键。墙体底部可设置架空层或防潮层,采用防水砂浆、防潮卷材等材料阻隔地下湿气上升;外墙外侧设置呼吸纸或透气膜,允许水汽排出的同时防止雨水渗入。屋面采用坡屋顶设计,加快雨水排泄,并在防水层上方增设隔热通风层,利用空气流动带走湿气。对于易受潮部位,如门窗洞口、穿墙管道处,需加强密封处理,采用防水密封胶、止水环等构造措施,形成完整的防潮体系,保护建筑结构与室内环境。

(2) 被动式除湿

被动式除湿技术利用自然原理降低室内湿度。双层表皮结构通过外层防雨、内层通风,形成空气流动通道,加速湿气散发;透气材料(如多孔砖、竹木纤维板)具有良好的水汽渗透性,可平衡室内湿度。此外,在建筑内部设置除湿绿植墙,利用植物蒸腾作用吸收湿气;或采用吸湿材料(如硅胶、氯化钙)制作的可更换除湿模块,结合通风系统实现被动除湿。这些技术无需额外能耗,且与建筑空间自然融合,在减少室内湿气的同时,营造健康舒适的居住环境。

4.4 绿色空间与水体利用

(1) 植被蒸腾降温的量化分析

植被蒸腾降温是改善湿热气候区微气候的重要途径。植物通过蒸腾作用吸收热量,降低周边环境温度,其降温效果与植被种类、覆盖面积、密度密切相关。研究表明,大面积绿地可使局部气温降低 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。通过量化分析不同植物的蒸腾速率、叶面积指数,可优化绿化布局。例如,选择蒸腾量大的乔木(如榕树、樟树)与低矮灌木搭配,形成多层次绿化系统;在建筑周边设置垂直绿化、屋顶花园,减少建筑表面太阳辐射吸收,降低室内温度,同时增加空气湿度,改善空气质量。

(2) 水景布局对微气候的调节作用

水景布局可有效调节湿热地区微气候。水体通过蒸发吸热降低周边温度,同时增加空气湿度,缓解闷热感。在建筑群中设置喷泉、池塘、溪流等水景,需结合风向与建筑布局,确保水汽扩散路径合理。例如,将水景布置在建筑迎风面,利用风力加速水汽蒸发;或通过水体与植被结合,形成水陆生态系统,增强降温增湿效果。此外,水景设计需考虑水质维护与防蚊措施,采用循环水系统、生态净化技术,避免滋生蚊虫,实现景观功能与生态效益的统一。

结语

本研究系统探索湿热气候区生物气候建筑设计策略,构建了涵盖自然通风、遮阳隔热等多维度技术体系。实践证明,通过优化建筑布局、合理运用材料及创新构造设计,可显著提升建筑热舒适性能,降低能耗 $20\%\sim 35\%$,实现传统建筑智慧与现代科技的深度融合,为地域建筑可持续发展提供了实践路径。但研究仍存在技术与应用层面的局限,多策略协同优化模型有待完善,极端气候适应性及经济可行性分析需进一步深入。未来研究可聚焦智能传感与被动式策略融合,探索自适应建筑系统,并加强跨学科合作,从全生命周期评估综合效益,推动湿热气候区建筑向高效、智能、人性化方向迈进。

参考文献

- [1]赵思源,刘志强.湿热气候区立体绿化对建筑微气候的影响机制[J].生态学报,2023,43(12):5123-5132.
- [2]李明轩,张伟.湿热气候区传统民居的生物气候适应性解析——以岭南地区为例[J].建筑学报,2022(5):45-51.
- [3]王晓峰,陈静.基于CFD模拟的湿热气候建筑自然通风优化策略研究[J].暖通空调,2021,51(8):102-108.
- [4]黄丽娟,林浩.湿热地区绿色建筑围护结构防潮性能实验研究[J].建筑材料学报,2020,23(3):432-439.
- [5]吴建华,周洋.生物气候设计理论在东南亚湿热气候中的实践进展[J].世界建筑,2019(7):88-93.