

湿热地区超低能耗建筑围护结构热工设计优化

童太肆

浙江大燕建设有限公司 浙江杭州

【摘要】随着全球气候变化的影响，湿热地区的建筑能效问题愈发突出。超低能耗建筑作为应对这一挑战的重要手段，需在围护结构的热工设计上进行优化，以达到减少能耗、提高舒适度的双重目标。本文通过分析湿热气候特点，结合热工设计原理，提出了一种适用于湿热地区的超低能耗建筑围护结构优化方案。优化设计考虑了外墙、屋顶及窗户的热性能，力求在节能的同时保证室内环境的舒适性。合理的围护结构热工设计能够显著降低建筑的能源消耗，提高建筑的总体能效。

【关键词】 湿热地区；超低能耗建筑；围护结构；热工设计；节能优化

【收稿日期】 2025 年 5 月 14 日

【出刊日期】 2025 年 6 月 5 日

【DOI】 10.12208/j.jer.20250256

Thermal design optimization of envelope for ultra-low energy buildings in hot-humid regions

Taisi Tong

Zhejiang Dayan Construction Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】 With the impact of global climate change, the energy efficiency issue of buildings in hot-humid regions has become increasingly prominent. As an important means to address this challenge, ultra-low energy buildings need to optimize the thermal design of their envelopes to achieve the dual goals of reducing energy consumption and improving comfort. This paper analyzes the characteristics of hot-humid climates and combines thermal design principles to propose an optimization scheme for the envelopes of ultra-low energy buildings suitable for hot-humid regions. The optimized design considers the thermal performance of external walls, roofs, and windows, striving to ensure indoor environmental comfort while saving energy. Reasonable thermal design of building envelopes can significantly reduce building energy consumption and improve overall building energy efficiency.

【Keywords】 Hot-humid region; Ultra-low energy building; Building envelope; Thermal design; Energy-saving optimization

引言

湿热地区的气候特征决定了建筑物对外界热环境的敏感性，特别是在高温高湿的季节里，建筑的能源需求大幅上升，造成了巨大的能源浪费。为了应对这一问题，超低能耗建筑的概念逐渐得到推广。超低能耗建筑要求建筑在运行期间的能源消耗极低，而围护结构的热工设计是其关键所在。优化围护结构的热工性能，不仅可以有效地降低建筑的冷暖负荷，还能改善室内的温湿度环境，进而提升居住舒适度和建筑的可持续性。本文旨在探讨湿热地区超低能耗建筑围护结构的热工设计优化方案，通过科学的设计方法，降低建筑能耗的满足不同使用需求的舒适环境。本文将分析现有的热工设计难题，并提出针对性的优化策略。

1 湿热地区建筑能耗特点及围护结构设计的挑战

湿热地区的建筑能耗特点与其气候条件密切相关。该地区气候高温多湿，年均气温较高，且降水量充沛，这使得建筑的热负荷管理变得尤为复杂。在这种气候条件下，建筑在夏季主要面临热量积聚的困扰，室内温度与湿度难以有效控制，导致大量能源消耗用于空调和除湿。建筑围护结构在抵御外界高温、潮湿气候的过程中，需要有良好的热隔离性能，以减少外界热量的进入并避免室内能量的流失。而现有的建筑围护结构设计往往不能充分考虑湿热环境中的特殊要求，导致能耗增加，甚至影响建筑的舒适性和使用寿命。

围护结构的设计挑战主要体现在热工性能的优化上。湿热地区的建筑围护结构不仅需要具备良好的热阻性，还需要有效调节室内湿度，以避免因湿气过多导致的霉变或其他建筑材料的腐蚀。围护结构的材料选

择和施工工艺至关重要^[1]。不同于寒冷地区对保温的需求,湿热地区的建筑需要更多关注防潮、防湿和通风等方面的要求。外墙、屋顶和窗户的设计必须综合考虑热导率、空气流通性以及水蒸气渗透性。对于墙体和屋顶,采用较低导热系数的材料以及增加外部遮阳设施能够有效减少外界热量的侵入,而合适的窗户设计则可以通过调节采光和通风来改善室内的温湿度控制。

湿热地区建筑的围护结构设计面临的另一大挑战是能源效率的平衡。由于高温高湿的环境下,建筑内外温差较小,因此室内空调负荷大,制冷需求呈现显著增加趋势。为了减少能耗,优化围护结构的热工设计必须综合考虑热传导、辐射和对流的影响。通过引入被动式设计理念,例如合理布置建筑物的朝向、增加自然通风面积或采用反射性强的外立面材料,都可以在不增加额外能源消耗的情况下,有效减少建筑的能源需求。这些设计思路的实施,不仅可以降低建筑运行成本,还有助于提升建筑的整体能效水平,推动可持续建筑发展目标的实现。

2 超低能耗建筑围护结构热工设计的优化策略

在湿热地区,超低能耗建筑围护结构的热工设计优化应关注热能传递过程中的各个环节,确保建筑能够在较低的能耗条件下保持室内的舒适度。为了优化围护结构的热工性能,建筑外立面的设计需要注重隔热和防潮功能。外墙材料的选择至关重要,必须具备良好的热阻性能,并能有效阻挡外界的热辐射。采用高性能的保温材料,如真空绝热板(VIPs)、聚氨酯泡沫板或高效隔热玻璃,可以有效减少外界热量的传递,从而降低空调负荷。在材料的表面处理方面,反射性涂层的应用能够减少太阳辐射的吸收,降低建筑物内外的温差,从而减轻空调系统的负担。

在屋顶设计方面,优化策略应包括提高屋顶的热反射能力并增加其保温性能。由于屋顶是建筑暴露在外部环境中的最大表面,太阳辐射直接加热屋顶会导致室内温度剧增,进而增加空调制冷负荷。通过在屋顶设计中采用低辐射涂层、植被屋顶或隔热涂料,可以有效降低热传导^[2-6]。对于绿化屋顶,植物和土壤的覆盖可以有效吸收热量并提供额外的隔热效果,同时还能增加雨水的吸收,减少外部热量对建筑的影响。屋顶的通风设计也不容忽视,通过设置合适的通风层次,可以进一步改善屋顶的热舒适性,促进建筑的自然降温。

窗户是建筑围护结构中影响热工性能的重要组成部分,其优化设计应着重于减少太阳辐射的进入以及提高玻璃的热隔离性能。通过使用双层或三层隔热玻

璃,可以有效减少热量的传递,提高窗户的热隔离性能。窗框的材料选择也非常关键,采用低导热性的窗框材料如塑钢窗框,可以进一步减少热损失。窗户的尺寸和布置也应根据建筑的朝向进行合理设计,避免太阳直射导致室内过热。在遮阳设计方面,可以通过合理配置外遮阳装置,如遮阳板或窗帘,减少热量的直接辐射,增强室内的热稳定性。通过这些措施的组合应用,可以在保持良好的采光条件下,有效优化建筑围护结构的热工性能,达到超低能耗建筑的设计要求。

3 湿热地区围护结构热性能优化方案及其应用

湿热地区建筑的围护结构热性能优化方案,核心目标是通过精确的设计和材料选择,降低建筑能耗,同时提高居住舒适性。围护结构的优化需要考虑气候的特殊性,尤其是高温和高湿的特点,这要求设计方案不仅要提高热隔离能力,还要解决湿气渗透和通风问题。针对外墙设计,采用高效保温材料与多层结构相结合,可以有效降低外部热量的传导,减少空调制冷负荷。材料的选择上,使用低热导率的复合墙体或采用空气隔层的墙体结构,有助于减少热流入,提升建筑的热工性能。外立面的遮阳设计也非常重要,合理的遮阳板、百叶窗和绿色植物等可以阻挡阳光直射,减少室内热量积聚。

屋顶的热性能优化对于湿热地区的建筑至关重要,因其直接面向外界高温和强烈的太阳辐射,极易导致热量的快速积聚。为了有效阻挡外部热量,屋顶设计需采用高效隔热层,减少热量通过屋面传入室内^[7]。采用反射性强的屋面材料,如高反射涂层或轻质屋面板,不仅能减少热量吸收,还能降低屋顶表面温度,从而减轻空调的负荷。在屋顶绿化方面,植物覆盖可有效隔绝热量,并提供额外的降温效果。通过设置绿色屋顶或安装冷却系统,不仅能增强热隔离,还能减少温室效应,进一步优化室内温度。合理设计屋顶的自然通风,能促进热空气的排出,减少屋顶下的热量积聚,为建筑内部提供一个更加舒适的居住环境。

窗户的设计优化是围护结构热性能提升的另一个重要方面,尤其在湿热地区,窗户不仅要具备良好的隔热性能,还需有效调节室内湿度。通过使用双层或三层隔热玻璃窗,结合气密性强的窗框,可以显著减少热量和湿气的传递。窗户的设计应根据建筑朝向合理布局,避免强烈阳光直射导致的室内过热。为进一步提升能效,窗外遮阳设计至关重要,例如采用自动调节的百叶窗或可调节遮阳板,能够根据室外温湿度自动调节遮阳程度,进一步减轻室内空调负荷。这些设计与技术的

综合运用,不仅能有效提高建筑的围护结构热性能,还能为建筑的节能和舒适性提供保障,促进湿热地区超低能耗建筑的实施。

4 优化方案实施效果评估与成果分析

实施围护结构热性能优化方案后,建筑的能效表现有了显著改善。通过采用高效保温材料、优化外立面遮阳设计和提升屋顶热隔离能力,建筑在夏季的室内温度得到了有效控制,空调负荷大幅下降^[8]。具体来说,外墙使用低导热系数的复合材料以及增加反射性涂层,有效减少了外界热量的渗透,减少了空调制冷的需求。屋顶设计的优化,尤其是增加了植被屋顶或高反射性屋面材料,降低了建筑表面的热吸收,有效阻挡了太阳辐射的进入,减少了热量积聚。在窗户设计上,采用多层隔热玻璃与高效窗框,大幅提高了建筑的热隔离性能,减少了外部环境对室内温湿度的影响,进一步降低了能耗。

优化方案的实施不仅有效降低了能耗,还改善了室内环境的舒适性。通过增加自然通风和智能遮阳系统的应用,室内的温湿度控制变得更加精确,避免了过度依赖机械空调系统,提升了建筑的使用舒适度与居住体验。湿热地区的建筑在实施该优化方案后,不仅能在夏季保持适宜的室内温度,还能有效避免湿气渗透,减少了室内霉变和建筑材料的腐蚀问题。整体来看,这些优化措施不仅达到了节能效果,同时还提高了建筑的耐用性和可持续性,为湿热地区的超低能耗建筑提供了可行的解决方案。

5 结语

通过对湿热地区超低能耗建筑围护结构热工设计的优化,能够有效降低建筑的能耗,提高能源利用效率,并改善室内环境的舒适性。合理选择建筑材料、优化设计方案、加强热隔离和通风控制,不仅能显著减少空调负荷,还能增强建筑的耐用性和可持续性。这些优化措施为湿热地区建筑的节能设计提供了有力的理论依据和实践指导,推动了低碳建筑的发展,并为应对气候变化提供了切实可行的解决方案。

参考文献

- [1] 何长苇,李丽,郭凯,等.风驱雨条件下湿热地区建筑双层表皮的蒸发降温潜力研究[J].建筑节能(中英文),2025,53(03):108-118+132.
- [2] 林瀚坤,何信恒,刘镇轩,等.湿热地区水产养殖建筑被动式设计技术研究[J/OL].工业建筑,1-16[2025-06-24].
- [3] 许杰,郭勇,郭林文,等.湿热地区航站楼空调末端设计选型与可视化运行数据的应用实践[J].制冷,2024,43(05):1-5.
- [4] 严谨,玄律,鲍佳然,等.严寒地区车站湿热环境耦合节能改造研究[J].低温建筑技术,2024,46(08):13-17+28.
- [5] 黄祖坚,詹峤圣.湿热地区建筑能耗模拟气象年开发及参数影响[J].南方建筑,2024,(06):96-106.
- [6] 吕瑶,蔡家瑞,肖毅强.湿热环境下生土砌筑建筑墙体热湿性能研究[C]//全国高等学校建筑类专业教学指导委员会,建筑学专业教学指导分委员会,建筑数字技术教学工作委员会.兴数育人 引智筑建:2023 全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集.华南理工大学建筑学院;亚热带建筑科学国家重点实验室,2023:125-128.
- [7] 吴树祺,吉慧.低碳背景下湿热地区体育建筑的气候适应性设计探索[C]//国际班迪联合会(FIB),国际体能协会(ISCA),澳门体能协会(MSCA),中国班迪协会(CBF),中国无线电测向和定向运动协会(CRSOA).2023 年首届国际体育科学大会论文集.广东工业大学建筑与城市规划学院,2023:1205-1213.
- [8] 陈雄,王世晓.湿热地区超大型绿色航站楼节能设计策略研究[J].当代建筑,2023,(07):13-15.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

