

低碳理念下建筑围护结构优化技术研究

鲁海波

天津工业大学

DOI:10.32629/btr.v9i2.5120

[摘要] 在全世界的“双碳”行动不断推进之下,建筑业作为碳排放的主要贡献者之一,它的绿色化转变情况同全球减排成果息息相关。围护结构是建筑热工性能和能耗控制的主要载体,其节能水平直接影响建筑物整个生命周期内所造成的碳排放。本文以可持续发展理论为基础,对目前围护结构在能耗分配和碳排放上的情况做了全面的分析,从外墙、门窗、屋面、地面这些主要部分的技术问题进行了梳理。试图解决由于热桥效应严重、能耗高和气候适应能力差而造成的传统围护结构问题。研究认为技术创新、系统集成有提升建筑运行期间能源消耗、减少建材生产环节碳排放的作用,并且还可以改善室内微气候状况,助力超低能耗、零碳建筑的推进与落实,希望提供科学依据和操作借鉴。

[关键词] 低碳理念; 建筑围护; 结构优化技术

中图分类号: F416.9 **文献标识码:** A

Research on optimization technology of building envelope under the concept of low carbon

Haibo Lu

TIANGONG UNIVERSITY

[Abstract] As the global push for "dual carbon" actions continues, the green transformation of the building industry, as one of the main contributors to carbon emissions, is closely linked to the overall global emission reduction outcomes. The building envelope serves as the primary carrier of building thermal performance and energy consumption control, and its energy-saving level directly impacts the carbon emissions caused throughout the entire lifecycle of a building. Based on sustainable development theory, this paper comprehensively analyzes the current situation of building envelopes in terms of energy consumption distribution and carbon emissions, addressing technical issues related to key components such as exterior walls, doors and windows, roofs, and floors. It aims to address traditional building envelope issues caused by severe thermal bridge effects, high energy consumption, and poor climate adaptability. The study suggests that technological innovation and system integration can enhance energy consumption during building operation, reduce carbon emissions in building material production, and improve indoor microclimate conditions. This can facilitate the promotion and implementation of ultra-low energy consumption and zero carbon buildings. It is hoped that this study will provide scientific evidence and operational insights.

[Key words] low-carbon concept; building envelope; structural optimization technology

在国家“双碳”战略不断推进的过程中,建筑行业由于自身能源消耗和碳排放量巨大,已经成为实现绿色发展的主要领域之一。据统计,我国建筑运行期耗能占全社会总能耗的30%以上,其中建筑围护结构热损耗占建筑总能耗的40%左右,是决定建筑节能效果和碳中和进程的主要障碍。传统的建筑围护体系设计大多关注于安全性、功能性的需求,保温隔热性能、材料的环境适应性、施工的标准化程度等都存在着较大的不足,不能满足绿色建筑的要求。在这样的情况下,把低碳理念带入到建筑围护结构技术更新和管理改善当中就显得十分急迫和必需。本文以全

生命周期理论为框架,对目前建筑围护结构存在技术瓶颈进行梳理,对建筑围护结构的关键技术创新路径和实践策略进行剖析,构建完整的围护结构低碳解决方案体系,促进我国建筑业向低碳化、可持续发展迈进。

1 建筑围护结构低碳发展概述

1.1 建筑围护结构的低碳内涵

建筑围护结构是建筑物与外界环境之间进行能量和物质交换的主要介质,它是由外墙、外窗、屋面和地面等主要部分组成的,是达到绿色建筑节能目标的重要保证。低碳发展理念为围护

结构设计开辟了新的途径,打破了原来保温隔热技术的瓶颈,在整个材料的生命周期内,从材料的开采、加工到施工,再到运行管理和最终回收等环节都把生态效益融入进去。该设计思想把建筑运行期间的能耗降低同材料提取和加工过程中的碳排放控制联系起来,试图达到两者之间的平衡。本质上就是依靠新材料的研发、结构优化布局、先进技术的应用、智能系统集成,最大限度地抑制热传导损失、减轻暖通空调系统运行负荷;同时使用环保型可循环建材,明显削减建造时所造成的环境影响,助力建筑性能改善和可持续发展战略的深入实施。

1. 2 围护结构优化对建筑低碳的重要意义

作为建筑能耗控制的关键因素,围护结构的更新升级是达成低碳建筑转变的主要方式之一,对推进国家“双碳”目标有着非常重要的战略意义。就运行效能而言,改良后的围护结构在保温隔热、遮阳通风等各方面均有较大的提升,可以大大减少建筑的冷热负荷,进而缩短暖通空调系统的运行时间,减少能耗,从而达到建筑运维阶段碳排放有效控制的目的。以全生命周期评价体系为依据,对科学设计的围护结构有好处,在延长建筑使用寿命、削减维护开支和节约资源消耗方面可以取得成效,同时还可以削减建筑废弃物产生量,从而对环境目的达成起到辅助作用。该种策略可以提高室内环境的质量,符合绿色建筑以及被动式超低能耗建筑的技术规范要求,在达到节能减排的目的时也会产生良好的社会效益和经济效益。

2 传统建筑围护结构现存低碳短板

2. 1 外墙结构保温隔热性能不足

外墙属于建筑围护系统的主要构成部分,是能量交换的敏感界面,并且也是决定建筑能耗的重要因素。传统外墙的设计一般存在保温隔热性能不够好的问题。大多数既有建筑的外墙用单一材料建造,没有科学合理保温构造的设计;即使设置了保温层,也会因为材料老化、厚度不够、导热系数过大等缺陷,导致暖通空调系统运行能耗大增。就施工工艺而言,墙体接缝以及节点处的密封效果一般,且常见的热桥效应以及结构梁柱等关键部位的热传导情况比较严重,使得热量出现异常散失的情况变得更加明显,进而加大了能源耗费的幅度。部分外墙保温材料由于生产工艺所限,碳排放量高、耐久性差等问题会导致建筑物全生命周期内出现资源浪费和技术难题,给环境可持续发展造成隐患。

2. 2 外门窗能耗损耗问题突出

外门窗系统属于围护结构节能潜力最大的关键部分,也是造成建筑行业低碳转型困难的重要阻碍。传统的建筑设计一般使用单层普通玻璃窗和铝合金或者塑钢型材框架,这种设计的高导热系数以及差的气密性受到了人们的质疑。研究表明建筑外围护体系能量损耗中门窗占比高达50%,特别是冬季会明显产生热量流失,在夏季也会因为太阳辐射进来产生额外的热量,从而加大室内外温差的变化幅度。由于防渗性差,常规门窗经常出现气体泄漏的情况,进而造成更多的非计划通风引起耗电量的增加。从材料生命周期角度来说,传统的门窗可回收利用率低,生产过程中消耗的资源大,服役期满之后很难达到高效循环再

利用的目的,会降低建筑全寿命内能源利用率,增加废弃物处理负担,同可持续发展理念存在明显的矛盾^[1]。

2. 3 屋面与地面低碳设计缺失

屋面是建筑物外围最为核心的部分,长期处于复杂的外部环境中,因此具有比较明显的热工性质。它的性能会受太阳辐射强度和昼夜温差等外界因素的影响较大,在夏季一般被用作建筑能量吸收的主体。传统的屋面构造大多采用简单化的防水保温结构,但是由于所使用的材料普遍具有导热系数大、抗老化性能差等缺点,在极端高温下容易造成蓄热效应,使顶层室内温度迅速升高,进而增加空调设备的能耗负担。类似问题也出现在地面系统当中,大多数建筑缺少专门的设计方案来应对保温隔热功能,在底层土壤受到热传导和水分渗透的影响下,会加剧底层空间能量的损失,尤其在冬季还会增大取暖的需求量,进而提升能源消耗。目前主流建筑材料大多存在较高的碳排放特征,不能很好地将节能环保特性与自然通风、智能化调控技术结合起来,从而无法发挥出综合节能潜力。上述问题一起构成了建筑领域完成绿色低碳转型的瓶颈^[2]。

3 低碳理念下建筑围护结构核心优化技术

3. 1 外墙低碳优化技术

外墙低碳优化主要是从节能减耗、减排降碳和提高耐久性这三个方面入手,用新材料的应用和结构设计的创新来达到综合性能明显改善的目的。从材料的选择上,主要使用真空绝热板、气凝胶保温材料、相变储能材料等新型环保建材,这些材料具有良好的导热阻隔性、隔热性以及较低的制造能耗、环境友好特性,可以有效降低墙体热传导损耗,部分相变材料还有调节室内温度波动的作用,可以减小季节性极端负荷。从构造设计的角度出发,推广一体化外墙外保温施工工艺,避免传统施工方法所造成的安全风险和技术上的局限性,采用双层通风幕墙技术,在空腔内自然对流散热,同时阻止建筑冷热桥现象的产生。按照绿色建筑思想,在外墙设置垂直绿化系统,利用植物的遮阳隔热效应、反射太阳能、吸收二氧化碳的作用,大大加强了建筑节能降耗效果和生态价值^[3]。

3. 2 外门窗节能低碳优化技术

建筑外门窗性能改善主要是提高它的气密性、保温隔热性能和遮阳效果来达到节能降耗和环保的目的。玻璃构件的设计由原来的单层普通浮法玻璃,变为高性能的三层中空夹胶玻璃,该种新型材料填充惰性气体并加上Low-E(低发射率)镀膜技术,大大减小了热辐射传导效应和能量损耗。窗框结构选择导热系数小的断桥式铝合金或者复合型玻纤增强聚氨酯,采用隔断热桥路径的方式减少能耗损失。密封工艺得到全面提升,采用多层次密封条加发泡材料处理的方式,能较好地封堵细小缝隙造成的气流泄漏问题,从而达到设计的气密性要求。智能化功能模块嵌入到现代建筑设计的理念当中,外窗单元里面设有机动调节型遮阳系统和可变透光率智能窗体设备,根据环境光照强度来自动调节开启程度,达到采光与节能的平衡目的,符合绿色建筑运行标准^[4]。

3.3 屋面低碳优化技术

根据低碳理念把被动式节能技术和生态环保策略结合起来,设计出一种既有隔热蓄冷功能又符合绿色建筑要求的屋面系统。该系统是以倒置式构造为基本形式,以高密度挤塑聚苯板或者聚氨酯硬泡等高性能保温材料作为主要部件,大大改善了建筑顶部的保温效果,同时减小了由于热桥效应造成的能量浪费。对于都市热岛效应,在屋面上使用相变储能材料创建屋面系统,利用相变潜热吸收与释放来调节屋面表面温度的波动,从而缓解由于室内外温差造成的能耗压力。同时,从生态环境的角度来说,推广植被覆盖型、雨水收集型屋面技术应用,用植物绿化、雨洪管理来达到区域生态系统良性循环的目的,从而改善城市微气候环境。采用光伏建材技术在屋顶安装太阳能光电装置,把光能直接转化为清洁能源供给建筑运维,实现建筑运维的零碳排放和可持续发展两个目标^[5]。

4 建筑围护结构低碳优化的实施策略与发展趋势

4.1 全生命周期低碳管控策略

建筑围护结构低碳优化要覆盖工程项目全过程,创建起系统化的、精细化的管理体系。在初步设计阶段要根据项目所在地的气候条件和功能定位,运用科学的绿色建筑设计理念,合理选用材料,优化构造方案,在满足节能减排要求的基础上控制初期建设成本,防止由于过分的设计造成资源浪费。在采购环节应该选用低碳能耗、环保以及具有可再生利用率潜力的建筑材料,对原材料的生产和加工过程中的碳排放量进行全方面核验,还要创建起完备的供应链追踪体系来准确评判其生态足迹。施工现场可推荐采用模块化预制、集成化施工技术,可大幅度减少现场能耗、扬尘、固体废物产生,对工程的可持续发展有重大促进作用。运维阶段可以使用物联网等先进手段不断采集墙体性能数据,并且可以及时发现并处理早期出现的故障风险,从而保证设施一直处在良好的运行状况之中,而且在拆除重建期间坚持实行循环经济理念,最大限度地回收再利用废旧建筑材料,以此来降低终末处置阶段给生态环境造成的影响^[6]。

4.2 智能化与技术融合发展趋势

智慧建筑技术迅猛发展之际,智能化和自适应特性慢慢成了围护结构低碳改良的主要推动力。未来的围护结构会跳出传统的被动节能模式,发展成带有物联网、传感器技术以及大数据分析等要素的主动智能控制系统。采用建立集成化的传感网络系统的方式,对周围环境进行温度、湿度、光照强度、风速等各方面的参数监测,并使用先进的算法对门窗的开关、遮阳设备的

调节和墙体的蓄冷/蓄热实施精细化的控制,从而动态满足室内节能减排的需求。新型功能性建筑材料、仿生设计思想和光伏一体化方案等新的技术会在实际应用中互相渗透、相互融合,使围护结构朝着保温隔热性能好、节能环保效果明显、具有能量转换和碳减排潜力的新一代产品方向发展。利用建筑信息模型(BIM)平台和TRNSYS仿真软件,可以在项目初期就准确预测出围护结构的能耗情况,并根据数据得出的结果对设计方案进行改进,进而大大提高低碳改造技术可行性和实际效果^[7]。

5 结束语

综上所述,建筑围护结构是建筑能耗控制的主体,对实现“双碳”目标有着重要的作用。其低碳化改造属于绿色建筑范畴中的重要战略方向,又是建筑业实现可持续发展的重要驱动力。本文针对传统建筑四大主要围护系统节能减碳的瓶颈进行详细的分析,对相关构件的低碳技术路径做系统的整理,提出包含全生命周期管理、智能化集成、标准化建设等在内的技术改进方案。依靠材料革新、工艺改善、功能拓展、系统协同优化等手段,可以明显提高围护结构的能效及减排效果。展望未来应该继续加大低碳技术的研发力度和推广应用的力度,促进多学科交叉融合,建立健全围护结构低碳设计标准体系,推动超低能耗建筑规模化发展,促进建筑业高质量、低碳化发展。

【参考文献】

- [1]高勇.绿色建筑围护结构节能材料应用性能提升路径[J].砖瓦,2026,(6):109-111.
- [2]孙亚楠.居住建筑外围护结构节能改造方法研究[J].砖瓦,2026,(6):128-130.
- [3]刘哲,苗宽宽,赵庆怀.既有建筑围护结构修复材料力学性能及节能效果评估[J].砖瓦,2026,(6):12-14+18.
- [4]陈睿国,蔡济众.被动式建筑节能技术的应用与效果分析[J].四川水泥,2026,(6):80-81+84.
- [5]罗庆香.建筑节能设计与施工技术应用分析——以某公寓楼建筑项目为例[J].建筑科技,2026,10(5):141-143.
- [6]黄锰,吕沐容,刘向志.绿色建筑适寒性更新:既有建筑围护结构改造技术体系与实践[J].绿色建筑,2026,18(3):82-87.
- [7]张能滨.建筑土建工程施工中节能降耗技术的应用[J].建材发展导向,2026,24(9):136-138.

作者简介:

鲁海波(1978--),男,山东青岛人,研究生,工程师,研究方向:建筑技术科学。