低碳背景下建筑设计策略与实践研究

闫梦琦
河北建研建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]在双碳目标不断推进的背景下，建筑行业属于能源消耗、碳排放的重要行业，正处在从增量扩张到低碳转型的重大改变之中。文中主要研究低碳背景下建筑设计的策略与实践，先梳理出全生命周期、地域适应性、被动优先等核心的设计原则，再从能源消耗、空间适应性、技术应用深度、材料资源利用四个方面分析了目前建筑设计存在的主要问题，最后从空间布局优化、节能设计加强、被动式设计加深、绿色材料选用、智能化运行管理等途径提出系统的优化策略。研究显示，低碳建筑设计要将被动式设计当作基础性策略，把材料低碳化当作源头性策略，把智能运维当作保障性策略，创建起覆盖设计、建造、运行全过程的协同体系。

[关键词]低碳建筑；被动式设计；绿色建材；智能化运维；全生命周期
DOI：10.33142/sca.v9i10.20627 中图分类号：TU201.5 文献标识码：A

Research on Architectural Design Strategies and Practices under Low Carbon Background

YAN Mengqi
Hebei Jianyan Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Against the backdrop of the continuous promotion of the dual carbon goals, the construction industry is an important industry for energy consumption and carbon emissions, and is undergoing significant changes from incremental expansion to low-carbon transformation. The article mainly studies the strategies and practices of architectural design under the low-carbon background. Firstly, core design principles such as full life cycle, regional adaptability, and passive priority are sorted out. Then, the main problems in current architectural design are analyzed from four aspects: energy consumption, spatial adaptability, technological application depth, and material resource utilization. Finally, systematic optimization strategies are proposed through spatial layout optimization, energy-saving design strengthening, passive design deepening, green material selection, and intelligent operation management. Research shows that low-carbon building design should take passive design as the fundamental strategy, low-carbon materials as the source strategy, and intelligent operation and maintenance as the guarantee strategy, creating a collaborative system covering the entire process of design, construction and operation.

Keywords: low-carbon buildings; passive design; green building materials; intelligent operation and maintenance; whole life cycle

引言

建筑和施工行业二氧化碳排放量占全球总排放量的37%，能源消耗占全球的28%，近几年来该行业的脱碳进程明显减缓。在我国，建筑全过程碳排放总量占全国能源相关碳排放的比重也一直居高不下，建筑行业已经成为实现“双碳”目标的重要战场。随着城镇化进程不断推进以及居民生活水平的不断提高，建筑用能的需求量还会持续增长，如果不能从设计源头改变传统的思维方式，那么碳排放总量就很难得到有效的控制。但是目前大量的建筑还存在着运行能耗高、空间气候适应性差、低碳技术停留在表面、材料资源浪费严重等低碳理念从设计端到运行端的系统性落实仍然存在许多障碍。本文主要对低碳建筑设计的应用原则进行梳理，分析目前低碳建筑设计实践中存在的问题，在此基础上提出可行的低碳建筑设计优化策略，为建筑设计的低碳转型提供一定的参考。

1 建筑设计中低碳理念的应用原则

低碳理念在建筑设计中得以落实，必须依靠一定的基本准则来支撑。首先为全生命周期原则。民用建筑低碳设计要兼顾建筑全生命周期内建筑形态、功能与节能、节地、节水、节材、减少碳排放的辩证关系，实现经济、社会、环境效益的统一。这就意味着设计决策不能只看建造阶段的成本或者运行阶段的能耗，而应该把材料生产、施工建

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

造、运行维护、拆除回收各个阶段的碳足迹都纳入到统一的考虑范围之内。其次就是地域适应性原则。建筑方案设计要以当地气候条件和生活习惯为依据，按照功能需求合理确定建筑舒适度等级，减少不必要的用能空间。不同的气候区对保温、隔热、通风、遮阳的要求大不相同，低碳设计策略要同地域气候特点相适应。再次是被动优先、主动优化的原则。在规划设计之初就根据场地所处的环境气候特点，合理选址、安排建筑群体布局和建筑朝向，合理设计建筑形体，控制体形系数、窗墙比，创造良好的建筑室内微环境，尽量减少对建筑设备的依赖。被动式手段从源头上降低用能需求，主动式技术在此基础上再提高能效，两者不是替代关系，而是递进关系。最后就是经济性和低碳性协调原则。低碳设计不能用过多的经济成本来换取减碳效益，应该在合理的增量成本范围内取得最大的减碳效益，使低碳策略有市场推广的基础。

2 低碳背景下建筑设计现状分析

2.1 建筑能源消耗问题较为突出

建筑领域能源消耗的问题在总量和结构两方面都有明显的特征。从总量上看，我国建筑相关能耗占全国能源消耗总量的 44.8%，公共建筑能源消耗占全国建筑能源消耗总量的 36.43%。2025 年全国民用建筑运行能耗总量为 13.8 亿 tce，碳排放总量为 24.6 亿 t CO_2，公共建筑能耗 6.2 亿 tce、碳排放 11.0 亿 t CO_2，分别占全国民用建筑运行能耗和碳排放总量的 44.9%和 44.7%。运行环节的问题更加突出。大部分建筑和园区的空调、照明等能源设施没有有效的管控，“节能靠经验，降费靠关机”，大量的数字化设备只是监视而不控制，造成用电成本反而上升[1]。由此可以看出，在建筑中虽然存在节能设备，但是缺少的就是对设备运行状况的精确感知以及动态调节的能力。另外，大量的既有建筑围护结构热工性能差，单位面积能耗比新建节能建筑高很多，存量建筑的节能改造工作还很繁重。

2.2 建筑空间与环境适应性不足

建筑空间形态同地域气候条件之间出现的脱节状况，乃是造成运行能耗居高不下的关键原因。目前很多建筑在设计阶段对于场地风环境、日照轨迹、地形特征等的回应仅仅停留在形式上，没有对空间布局和微气候之间的关系进行定量分析。在夏热冬冷地区，一些建筑过分依赖大面积的玻璃幕墙来达到视觉上的效果，而忽略了它所带来的夏季得热过多、冬季保温不足的问题，把气候调节的压力全部转移到空调系统上。空间的功能分区也常常没有和用能需求相匹配，高舒适度要求的空间和低需求空间混杂布置，造成用能空间的边界不清、调控粗放。另外，建筑朝向、体形系数、窗墙比等重要参数在设计决策中所占权重较低，空间布局的优化更多地考虑了功能流线和视觉需求，没有很好地考虑到气候适应性能。由于空间和环境之间存在失配的情况，建筑在被动层面上失去了很多可以利用的自然调节机会，从而使得主动设备的负荷增大。

2.3 绿色低碳技术应用深度有限

绿色低碳技术在建筑领域的应用已经取得一定的成果，但是整体应用的深度还比较浅。从技术类型上看，高效保温系统、高性能门窗、新风热回收等较成熟的技术在新建建筑中的应用比例有所提高，但是光伏建筑一体化、地源热泵、储能系统等与建筑深度融合的技术还处在示范推广阶段。就应用方式而言，很多项目把绿色技术当作附加的“标签式”配置，而不是从设计源头开展系统的整合。更为根本的是设计阶段的模拟计算结果同实际运行性能之间存在着持续性的性能差异，模型不能很好地反映真实的状况，造成运行排放和设计预测不一致。另外有限的实践者专业知识、持续的文化阻力也使得其不能被实行，绿色技术的复杂性以及维护要求常常与现有的建造实践相冲突。技术应用停留在有层面，还没有真正进入用好的阶段。

2.4 建筑材料选择与资源利用水平有待提升

建筑材料环节的碳排放问题一直被相对忽视，但是它的影响不容小视。全球每年消耗的混凝土有 140 亿 t，背后是 42 亿 t 水泥的生产，是全球 8%的二氧化碳排放源。水泥生产高碳排放强度，因此是建筑行业脱碳的“硬骨头”。设计阶段对于建材碳足迹的考虑还比较薄弱，碳足迹评价还没有成为材料选型的常规环节，很多项目依然把价格、供应便利性作为主要的决策标准[2]。建筑拆除废弃物的分类管理及循环利用体系还不健全，再生骨料、工业固废基胶凝材料等低碳替代材料的市场认可度以及应用规模都较小。材料层面的低碳化不单会减少建筑隐含碳，还会直接影响建筑废弃后资源化的程度，是建筑脱碳的重要环节。

3 低碳背景下建筑设计优化策略与实践

3.1 优化建筑空间布局，提高环境适应能力

空间布局的低碳优化，就是把建筑形态当作气候调节的第一道屏障。从群体布局上来说，要依靠合理的建筑朝向选择以及间距来引导夏季主导风向进入建筑群内部，在冬季挡住冷风的渗透。单体上控制体形系数、窗墙比属于降低围护结构热损失的基本方法，中庭、天井、冷巷等过渡空间的合理安排，在没有依靠机械系统的情况下可以达到自然通风、采光的目的。经过改进的住宅形态可以使得能源使用强度明显下降，较低的建筑密度以及合理的建筑

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高度布局对于适应气候变化来说更为有利。空间功能分区也要和用能需求相适应，把热舒适要求相近的功能空间集中起来，减少由于分区混杂而引起的过度调节。另外，根据不同的气候区来制定不同的策略是十分重要的，朝向面积在亚热带气候中最为关键，空间集中化、空间相邻性优化对于寒冷地区来说也是不可缺少的。空间布局优化属于一种“一次投入、长期受益”的低碳方式，它的效果会渗透到建筑运行的全部时期里。

3.2 加强建筑节能设计，降低运行能耗

建筑运行能耗的降低要从围护结构性能、设备系统效率两个方面一起进行。围护结构方面要先提高外墙、屋面的保温隔热性能，使用高性能外窗来减小传热系数，重视节点部位的热桥处理以及气密性控制。设备系统中暖通空调系统的选型、运行方式都会对能耗产生较大的影响。采用与室外空气温度相反方向调节供水温度的动态调节策略，可以使年供暖能耗降低 48.92%，制冷能耗降低 70.31%。由此可以看出，运行策略的精细调节可以产生比设备升级本身要好的节能效果。照明系统智能化控制、电梯能量回馈技术、节水器具普及应用等，虽然单个节能量小，但是从建筑整体运行能耗角度来说，它们所形成的叠加效应不能被忽略[3]。节能设计的又一重要方面就是创建起“设计-运行”闭环反馈体系，依靠运行阶段实际能耗数据来修正、改良设计参数，让节能设计由静态的一次性行为变成动态的持续进程。

3.3 合理利用自然资源，提升被动式设计水平

被动式设计本质就是建筑学会借用自然的力量来满足舒适要求，减少对机械系统的依赖。自然通风属于被动式设计中最广泛使用的手段，依靠合理的组织穿堂风、夜间通风来达到降低室内温度、提高空气龄的目的。自然通风、外遮阳、冷屋顶三者相结合可以将室内日均空气温度控制在 26.2～28.1℃之间，测试舱内平均空气温度降低 2.8℃。在夏热冬冷地区，既有建筑低碳改造实践当中，对于围护结构在过渡季的自然通风问题，借助改进玻璃幕墙构造、更换垂直绿化遮阳、采用太阳能光伏发电等方式实施改造之后，整个建筑一年内空调开启时间缩减了 40 天，折合下来的减排效果大概为 160t。被动式设计的有效性很大程度上取决于地域气候特征，因此在策略选择时要遵循“气候先行”的原则，根据不同的气候区采取不同的被动式组合方案。

3.4 优选绿色建筑材料，减少资源消耗

材料层面的低碳化要从“选什么”和“怎么用”两个方面入手。从选材角度来讲，要创建起以全生命周期碳足迹为依据的材料评判体系，先选用可再生、可回收、低碳排放的建筑材料。固碳型建材属于近些年来的重大发展成果。每平方米 8 厘米厚的固碳砼材料铺装可以消耗掉 50kg 的木材废弃物，比传统的水泥混凝土来说，累积减排量为 50t 二氧化碳当量。再生混凝土细骨料砖最高固碳潜力达到-699.67 千克 CO_2/吨砖，所有的测试砖都是净负排放[4]。该类材料的出现给建筑由“碳源”变为“碳汇”赋予了技术上的可能性。用材上应采用装配式建造方式来提高材料利用率、施工精度，减少现场湿作业造成的材料浪费。设计阶段就要考虑材料的可拆卸性、可回收性，给建筑拆除后的资源循环利用留有空间。

3.5 融合智能化技术，实现建筑运行低碳管理

智能技术的价值就在于把建筑运行中看不见的碳排放变成可以被感知、分析、控制的。传感器是园区的“碳感知神经网络”，可以对室内温度、湿度、电耗等许多隐性碳排放因素进行实时监测，然后将数据传送到智慧平台。传感器测得的能耗数据经由 AI 算法加以计算之后，便可以准确地呈现碳排放图谱，使得隐性的碳排放变得“可见可算”，进而达成建筑能耗“摸得透”的目的。在此基础上，智慧平台可以利用数据分析预测用能需求，从而对设备的运行策略进行合理的安排。以物联网为依托的能源数据融合与智能管理系统，在近零碳建筑里取得了总能耗下降 21.5%，可再生能源利用率提高到 82.3%，碳强度降低 35%的效果。智能技术的又一重要应用方向就是 AI 驱动的边缘自主控制。使用毫米波雷达传感器自主检测、评价公共建筑空间内占用、温度、湿度、空气质量，用 AI 边缘计算做全天候自动决策，可以将运行能耗和碳排放降低超过 25%。这些技术路径的共同点是把运行管理由经验驱动转变为数据驱动，低碳运行不再依靠人为判断的准确性，而是依靠持续的数据采集和算法优化。

表 1 不同气候区被动式设计策略组合与预期效果

气候区	核心被动式策略	辅助策略	预期节能效果
严寒/寒冷地区	高性能保温围护结构、南向大窗获取太阳得热、高气密性	热回收新风系统、蓄热体设计	采暖能耗降低 30%～50%
夏热冬冷地区	外遮阳与可调节遮阳、过渡季及夜间自然通风	垂直绿化遮阳、屋顶反射涂料	空调开启时间减少约 30%～40%
夏热冬暖地区	遮阳优先、穿堂风组织、冷屋顶	架空通风层、蒸发冷却	制冷能耗降低 40%～60%
温和地区	自然通风为主、适度遮阳	蓄热体、庭院布局	全年机械系统使用时间显著缩减

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

4 结语

低碳建筑设计不是简单的技术叠加，是原则确立、策略实施、设计前端到运行末端的一整套方法。全生命周期、地域适应、被动优先等原则给设计决策赋予了价值坐标，能源消耗偏高、空间气候适应性欠缺、技术应用停留在表面、材料资源利用粗放等问题，就表现出当下实践的不足之处。从策略上讲，空间布局的改善属于基本的气候应对措施，节能设计的加强是运行能耗控制的主要方法，被动式设计的加深是减少用能需求的前置方案，绿色材料的选择是从源头削减隐含碳的重要途径，智能化运维给持续性低碳运行赋予了技术支撑。五项策略不是并列的，而是从减少需求、改善供给、精细化管理这三个方面逐渐上升起来的。未来建筑设计低碳转型要使低碳理念在各个环节之间有效衔接、协同起来，把低碳设计理念变成可以量化的、可验证的、可持续的建成环境绩效。

[参考文献]

[1]马军.双碳背景下的低碳化绿色建筑设计策略研究[J].城市建设理论研究(电子版),2026(23):49-51.

[2]原树宾.低碳背景下绿色建筑设计策略与实践研究[J].居舍,2025(34):101-104.

[3]袁姗姗.“低碳循环”背景下的住居建筑设计策略研究[J].建筑学报,2023(2):144-148.

[4]党儒天.低碳背景下绿色建筑设计思路与实践研究[J].智能建筑与智慧城市,2026(9):130-132.

作者简介：闫梦琦（1991—），男，汉族，河北石家庄人，工程师，中南林业科技大学，现就职于河北建研建筑设计有限公司，从事建筑设计工作。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.