

# 双碳目标下高校建筑低碳健康发展策略

马煜龙<sup>1</sup> 兰信颖<sup>2</sup> 杨卓艺<sup>2</sup>

1 沈阳工业大学电气工程学院 辽宁沈阳 110870

2 沈阳工业大学建筑与土木工程学院 辽宁沈阳 110870

**摘要:**我国高校众多,在全球倡导低碳经济与健康生活的背景下,高校建筑的低碳健康发展成为建筑领域研究的热点之一。采用调研分析的方法,对高校建筑现状进行了研究,对其建筑特点与用能特点进行分析,进一步提出双碳目标下高校建筑低碳健康发展策略,可从规划设计、建造运维、能源管理、技术创新等多方面协同推进,对其实施优先级给出建议。

**关键词:**双碳目标;高校建筑;低碳;发展策略

## 1 前言

中国提出的 3060 双碳目标彰显了其在全球气候治理中的积极角色,增强了我国在气候治理方面的国际话语权和影响力,为发展中国家的低碳减排树立了典范。该目标的提出对高等教育机构的碳减排工作提出了更为严格的要求。作为能源消耗密集型单位,高校在校园建设中应积极作为,深入思考,致力于探索高校绿色校园建设的新模式和新途径。本文通过现场调研、问卷调研和文献调研等方式,了解高校建筑能源消耗情况及其节能减碳技术应用,提出双碳目标下高校建筑低碳健康发展策略。

## 2 高校建筑分析

近年来,伴随我国教育事业的蓬勃发展,各级校园建筑的建设规模逐渐扩大。在城市化快速推进与能源危机日益严峻的背景下,节能低碳设计理念在校园建设中的融入受到了广泛关注。相较于其他类型的公共建筑,高校建筑由于其特定的使用功能,其节能改造策略亦呈现出独特性。

### 2.1 高校建筑特点

本文研究的对象是高校建筑,因此仅分析高等校园建筑特点。通过调研与查阅相关资料,总结出以下特点:

#### 2.1.1 在校园规模方面

我国高等教育机构数量庞大,总计超过 3000 所,且其建筑占地面积相对广阔。为了适应不同学科专业的需求,校园内建筑类型多样,这导致了各高校的可比容积率存在差

异。所谓可比容积率,是指校园内各类建筑地上总建筑面积与学校可比总用地面积之比值<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 在校园建筑体形方面

随着高等教育的迅速发展,高校建筑的形态日益复杂化,导致建筑体形系数呈现上升趋势。建筑体形系数定义为建筑物外表面积与所围合体积的比率,该系数的降低通常意味着建筑的节能性能得到提升。而高校教学楼多采用内廊式设计,相较于其他类型的公共建筑,其形态相对简单,因此往往拥有更小的体形系数<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.3 在建筑类型方面

高校建筑的功能分区日益明确化。与其它类型的公共建筑相比,高校建筑涵盖了多种具有特定功能的建筑物。除了教学楼之外,宿舍、食堂、图书馆等均以单一功能为核心。此外,为了满足学生的学习需求,教学楼的设计必须确保其能够接收到充足的日照。

### 2.2 高校建筑用能特点

高校建筑用能具有独特的特点,主要体现在能耗类型多样、季节性波动显著、建筑功能差异大以及节能潜力巨大等方面。以下是高校建筑用能的主要特点:

#### 2.2.1 能耗类型多样,功能分区明显

高校建筑涵盖教学楼、实验楼、图书馆、学生宿舍、食堂、办公楼等多种类型,功能分区明显,主要耗能设备和能耗特点有很大不同<sup>[3]</sup>,具体见表 1:

表 1 高校不同类型建筑耗能

| 建筑类型 | 主要能耗设备        | 能耗特点                                |
|------|---------------|-------------------------------------|
| 教学楼  | 照明、空调、多媒体设备   | 日间集中用能，寒暑假骤降                        |
| 实验楼  | 通风柜、精密仪器、恒温系统 | 24 小时连续运行需求多；能耗多，理工类实验室能耗是文科类 2 倍以上 |
| 图书馆  | 照明、空调、服务器     | 开放时间长（12~16 小时 / 天），空调能耗占比 30%~60%  |
| 学生宿舍 | 照明、插座、热水      | 夜间用能高峰；行为差异大（奢侈型用户日远大于节约型用户）        |
| 食堂   | 烹饪设备、冷藏、空调    | 冷负荷峰值高，蒸汽需求集中                       |
| 办公楼  | 空调、电脑、打印机     | 工作日规律性用能，待机耗电占比 15%~20%             |

2.2.2 季节性用能波动显著
 图书馆仍持续运行，导致空调系统低负荷运行效率低，存在能源浪费；另外，夏季冷负荷远高于冬季热负荷（如天津高校食堂供冷量是供热量的 2 倍以上），设计需优先考虑夏季大幅下降，建筑逐月能耗呈现跳跃式变化，但部分科研楼、节能，见表 2<sup>[3]</sup>。

表 2 高校建筑季节性用能特点

| 季节 / 时段 | 用能特征                              | 节能重点            |
|---------|-----------------------------------|-----------------|
| 学期中     | 教学区、宿舍满负荷运行；实验室持续用能               | 优化空调分时控制、照明智能感应 |
| 寒暑假     | 教学区空置，科研楼部分运行；宿舍能耗下降 50% 以上       | 关闭闲置区域能源，降低基础负荷 |
| 夏季      | 冷负荷主导（食堂供冷量是供热量的 2 倍），空调能耗占比超 50% | 提升制冷效率，利用自然通风   |
| 冬季      | 北方高校供热能耗高，围护结构散热占比 30%~40%        | 加强建筑保温，回收余热     |

2.2.3 用能强度较高
 由于高校建筑的开放性、功能性以及人员的集中性，其单位面积用能强度往往高于普通民用建筑。一方面，教学与科研活动对室内环境要求较高，如实验室需保持特定的温湿度、照度等条件；另一方面，高校建筑内人员流动频繁，设备使用频率高，如教学楼内的多媒体教学设备、计算机机房等全天或多时段运行，导致整体用能强度增加。据统计，部
 分高校建筑的年单位面积耗电量可达普通办公建筑的 1.5~2 倍。

2.2.4 节能潜力巨大
 我国有许多有百年以上历史高校，校内老旧建筑较多，以沈阳某高校为例，校内 90% 的建筑超过 20 年以上，有 10% 以上的建筑甚至为上世纪中期前建造，建筑围护结构保温性能差，改造后节能潜力可达 30% 以上。

表 3 新旧建筑对比

| 对比项   | 老旧建筑                                         | 新建 / 绿色建筑                           |
|-------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| 围护结构  | 传热系数超标（如兰州高校办公楼外墙 2.5W/(m <sup>2</sup> · K)） | 符合节能标准（≤ 0.6W/(m <sup>2</sup> · K)） |
| 空调系统  | 中央空调能效比（EER）2.0~2.5，管道漏损率 15% 以上             | 变频多联机（EER ≥ 3.5），智能温控               |
| 照明系统  | 传统荧光灯（60~80 lm/W）                            | LED 灯具（120~150 lm/W）+ 智能感应          |
| 水资源利用 | 直冲式马桶（9L/ 次），无中水回用                           | 节水器具（3L/ 次）+ 雨水收集系统                 |

3 高校建筑低碳健康发展策略
 同推进。表 4 按实施维度、技术措施、典型案例、关键指标和优先级系统呈现<sup>[4,5]</sup>：

高校建筑低碳健康发展是实现“双碳”目标的重要途径，需从规划设计、建造运维、能源管理、技术创新等多方面协

表 4 高校建筑低碳健康发展策略

| 策略维度 | 具体措施           | 典型案例            | 关键效益                                 | 实施优先级 |
|------|----------------|-----------------|--------------------------------------|-------|
| 规划设计 | 被动式超低能耗设计      | 山东建筑大学被动楼       | 降低供暖能耗 50%+                          | ★★★★☆ |
|      | BIPV 光伏一体化     | 清华苏世民书院立面光伏     | 覆盖 15-20% 用电                         | ★★★★☆ |
|      | 装配式钢结构         | 天津大学新校区体育馆      | 减少施工碳排 40%                           | ★★★☆☆ |
| 能源系统 | 地源热泵系统         | 浙江大学紫金港校区       | 替代燃煤锅炉减碳 60 吨 / 万 m <sup>2</sup> · 年 | ★★★★★ |
|      | 光储充电网          | 同济大学嘉定校区        | 峰值负荷削减 30%                           | ★★★★☆ |
|      | 全电气化厨房         | 南京大学仙林校区食堂      | 单灶年减碳 8-10 吨                         | ★★★☆☆ |
| 建筑改造 | 围护结构节能改造       | 武汉大学老建筑群        | 冬季热损降 55%                            | ★★★★★ |
|      | 磁悬浮冷水机组        | 上海交大闵行校区        | 年节电 30 万度 / 台                        | ★★★★☆ |
|      | LED 全改造 + 智能感应 | 中山大学深圳校区        | 能耗降 70%                              | ★★★★☆ |
| 智慧运维 | 物联网能耗监测        | 浙江大学智慧平台        | 年省电费 200 万 +                         | ★★★★☆ |
|      | AI 空调群控        | 哈工大教学楼          | 空调能耗降 22%                            | ★★★☆☆ |
|      | BIM 碳足迹管理      | 同济大学四平校区        | 碳报告自动化                               | ★★☆☆☆ |
| 行为文化 | 宿舍能耗公示         | 西安交大书院制社区       | 促进行为节能 5-8%                          | ★★★☆☆ |
|      | 碳中和必修课         | 东南大学建筑学院        | 年培养 500+ 人才                          | ★★☆☆☆ |
|      | 零碳实验室认证        | 中国科大量子实验室       | 降低重复设备采购                             | ★★★★☆ |
| 政策创新 | 绿色建筑补贴         | 深圳大学西丽校区        | 撬动 1:5 社会资本                          | ★★★★★ |
|      | 校企共建实验室        | 东南大学 + 远景能源氢能示范 | 加速技术转化                               | ★★★☆☆ |
|      | 校园碳交易          | 天津大学碳资产中心       | 收益反哺改造                               | ★★☆☆☆ |

优先级说明：★★★★★立即实施（1 年内见效）； [D]. 内蒙古科技大学, 2024.  
★★★★☆优先推进（1-2 年）；★★★★☆中期规划（2-3 [3] 朱丽, 张吉强, 杨洋, 等. 天津地区高校建筑用能特  
年）；★★★☆☆长期布局（3-5 年）。 性对比研究 [J]. 建筑节能, 2019, 47(08): 58-62+81.

4 结论

高校建筑减排潜力巨大，而且由于建筑使用时间较长，  
减少运行阶段碳排放，对我国实现节能减排的目标具有重要意义。本项目研究有利于推动高校建筑减少碳排放及营造健康舒适的室内环境。

参考文献：

[1] 田亮, 徐序, 李小明, 尹文龙, 章文杰. 光储直柔技术在校园建筑中的设计应用 [J]. 建设科技, 2023, (23): 81-85+90.  
[2] 张钰沅. 严寒地区高校建筑运行阶段降碳潜力研究

[4] 蔡加强. 闽南地区绿色建筑技术的应用研究 [D]. 华侨大学, 2018.  
[5] 王静宇, 黄晟. 净零碳转轨与多元协同——高校碳足迹核算与碳中和路径优化 [J]. 河北经贸大学学报, 2024, 45(01): 36-46.  
基金项目：沈阳工业大学 2025 年大学生创新训练计划项目，双碳目标下高校建筑低碳健康发展策略研究。  
作者简介：马煜龙（2006.5），男，蒙古族，内蒙古赤峰人，本科在读，新能源科学与工程专业