

夏热冬冷地区高密度校园建筑能耗优化与气候适应性研究——以湖北工程学院为例

李梦薇 李桂红 刘云菲 王雨欣

湖北工程学院建筑学院, 湖北孝感, 432000;

摘要: 基于夏热冬冷的气候条件下, 高密度校园建筑面临着严峻的能耗和热舒适性挑战。湖北工程学院作为一个典型案例, 他的建筑布局和空间利用尤为密集, 进一步加剧了这些问题。为了应对这些挑战, 本研究采用智能生态耦合设计策略进行深入探究, 结合实际监测数据并运用斯维尔软件, 细致分析了建筑布局与围护结构性能对微气候及空调负荷的具体影响。在此基础上, 通过碳足迹追踪与智能调控技术的创新融合, 成功构建了一种全新的高校居住模式。该模式集形态优化、智能调控和资源循环利用为一体, 旨在有效降低建筑能耗和隐含碳排放, 增强校园人居环境的适应性, 为推动夏热冬冷地区“低碳校园”建设提供了宝贵的理论支撑和实践经验。

关键词: 夏热冬冷地区; 学生宿舍; 建筑能耗; 气候适应性

DOI: 10.69979/3029-2727.25.03.013

1 引言

1.1 研究背景

“双碳”背景下, 高校建筑节能减排是绿色校园建设的核心。夏热冬冷地区高校宿舍存在高能耗与低舒适性问题, 过度依赖空调和被动式节能设计无法适应季节需求, 急需解决。

本研究针对高校宿舍高能耗问题, 基于“智能生态耦合设计”理念提出系统化解决方案。从建筑改造、智能控制和环保教育三方面创新实践, 优化空间布局、提升能源管理效率并培养低碳生活方式。

最后基于湖北高校案例, 建立气候-空间-人员行为间的关联模型, 利用数字化工具分析验证设计方案, 提升其科学性与可行性, 为高校建筑节能减排提供理论与实践参考。

1.2 研究框架

以“被动优先、资源闭环、全周期碳管理”为原则, 构建“智能生态耦合设计”理论框架, 包括形态优化(模块化布局、立体绿化、通风优化)、智能调控(温湿度分区控制、光照自适应、能源动态分配)及资源循环(光伏储能、雨水回用、建筑垃圾再生)。

2 文献综述

2.1 国内高校节能研究进展

国内高校对于主动式和被动式节能技术都有研究,

例如同济大学文远楼改造采用了多种绿色节能技术(如地源热泵、余热除湿、冷辐射吊顶、智能控制等), 实现建筑能耗降低40%, 展现了夏热冬冷地区高校宿舍改造的适应性策略。(数据来源于零碳WORLD)

2.2 国外高校典型案例

康奈尔科技校区的被动式宿舍被誉为全球最高的被动式节能建筑典范。这座大楼能够在无需从电网主动输入电力的情况下完成室内取暖, 主要依靠“被动源”供暖技术, 使得大楼能够以极低的能耗在一年四季保持室温稳定在25摄氏度左右。该大楼的能源消耗比传统建筑减少了70%至90%, (案例数据来源于零碳WORLD)

2.3 研究空白

目前, 国内现有研究构建了“空间优化-技术嵌入-生态响应”的框架, 但存在三方面问题: 技术与空间脱节、人机交互不足、气候与场景适配性差。

与此同时, 欧美国家的案例因聚焦温带海洋性和地中海气候, 对于夏热冬冷地区特有的“高温高湿-低温高湿”交替特征响应不足。而东西方的文化和行为习惯存在显著差异, 西方学生的独立居住方式与中国高校普遍采用的集体生活模式截然不同, 因此现有的行为干预模型需要根据本土情况进行重新构建。在此情况下, 夏热冬冷地区的高校既要解决夏季散热的问题, 又要兼顾冬季保温的需求, 而国外那些专注于单一季节的策略很难直接适用。最后, 考虑到国内高校的预算相对有限, 未

来应开发低成本、易维护的简化版智能系统。

3 湖北工程学院现状调研

3.1 场地现状分析

场地位于直角三角形地块，环境优越且开发潜力大。西临校园河道，能美化景观并改善微气候；南侧紧挨学生宿舍楼，该布局设计为建筑功能规划提供了更多可能性。例如，可以考虑将宿舍的功能延伸至该区域，从而促进学生之间的互动与交流，同时也便于共享停车场、绿化带等基础配套设施。东侧毗邻学校食堂，缩短了学生从教室或宿舍前往用餐地点的距离，既节省了通勤时间。

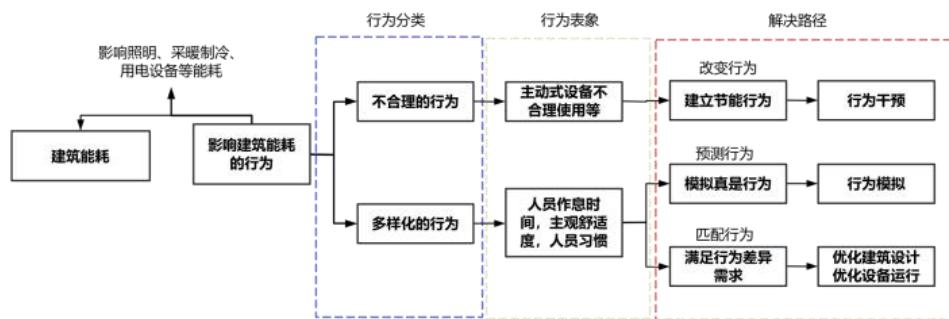
3.2 主要缺陷分析

传统宿舍为单廊式，功能较为单一，仅能够满足基本的居住需求，在学习、社交以及其他多功能复合方面存在明显的不足。此外，其动态适应性较差，空间布局相对僵化，难以根据季节的变化或者人们行为模式的波动做出及时调整。同时，共享空间利用率较低，缺乏诸如活动室、阳台之类的公共区域，这些空间要么处于闲置状态，要么在使用时显得过于拥挤，未能充分发挥应有的作用。

该地区气候存在缺陷：夏季：过度依赖空调降温，导致能耗高且室内外温差大，易引发热不适；冬季：采暖不足或热量散失快，室内热舒适度低；过渡季：自然通风不足，室内空气质量差。

使用者行为显著影响建筑能耗，主要体现在两个方面。首先，不合理的行为习惯导致不必要的能源消耗（如忘关空调和灯光、电脑待机等）。其次，使用者行为的多样性也给建筑运行能耗带来了不可预测性，表现在使用者的数量变化、主观舒适度差异、使用时间分布的不均及个人行为习惯的不同等方面，这些因素共同增加了建筑能耗管理的复杂性。

从用能设备的角度来看，走访调研可发现，高校宿舍常见的能耗设备可分为三类：照明设备、制冷采暖设备以及其他生活设备。其中，照明设备包括公共区域的电灯，还有很多学生为了改善室内光照条件，额外购置了台灯等用于局部照明。制冷设备方面，常见的有吊扇以及空调等，这类设备能满足不同季节的降温需求。然而，该高校地处夏热冬冷地区，冬季气候湿冷，室内热环境欠佳，但由于学校未采用集中供暖，冬季采暖大多依赖于空调制暖。因此，无论是使用者的行为还是对用能设备的选择，都会对建筑能耗产生多样化的深远影响。（图1）。



4 气候适应性优化策略

4.1 空间形态优化

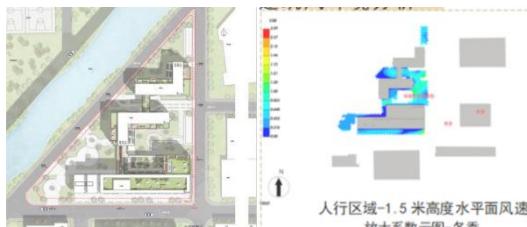


图2 总平面图和建筑风环境（作者自绘）

平面空间上（图2左）：三个“L”型的建筑体量布局如上图，通过不同大小的庭院和连廊连接，改善通

风（图2右）。

垂直空间上：立体绿化系统，墙面垂直花园（净化空气）、屋顶菜园（学生参与种植），对微气候的调节作用。

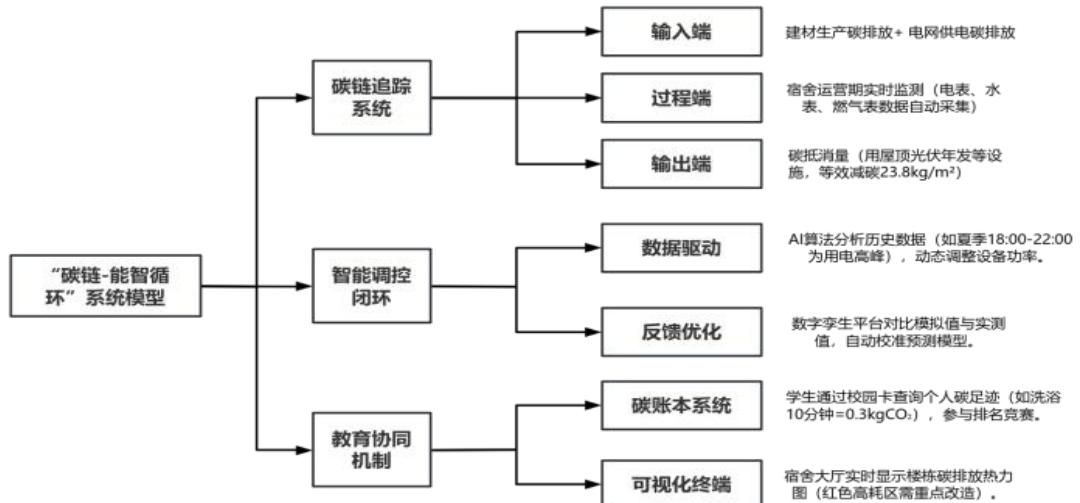
4.2 围护结构改造

针对夏热冬冷地区建筑的围护结构改造，需以气候适应性为导向，本文通过岩棉板或自保温砌块，Low-E中空玻璃，可调百叶等有效降低了建筑能耗。

4.3 可再生能源整合



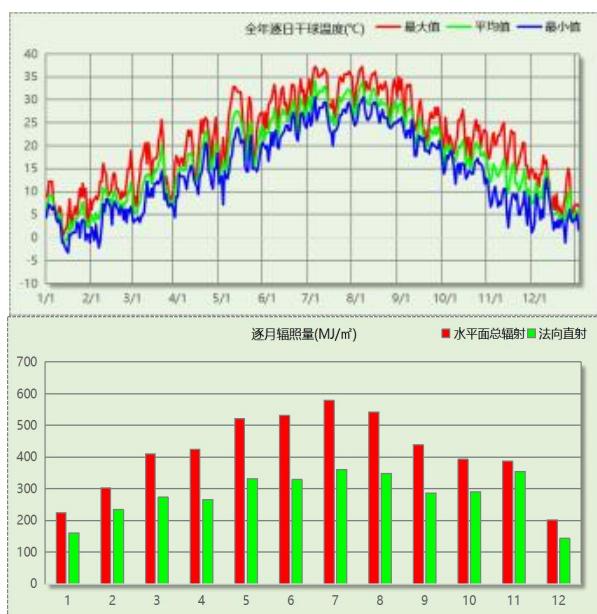
图3 宿舍雨水循环利用图（团队绘制）



“碳链-能智循环”系统模型（作者自绘）

5 模拟验证与效益评估

5.1 热环境模拟



全年逐月干球温度（左）和逐月辐照量（右）（自绘）

5.2 能耗模拟

通过屋顶加装光伏建筑一体化（BIPV），本项目25年预计总发电量3057.9MWh，减排二氧化碳约2531.95吨。（数据来源于斯维尔模拟）

中水回用与雨水收集的智慧管网设计（图3）：屋顶雨水收集→净化→用于绿植灌溉与卫生间冲厕。

4.4 “碳链-能智循环”系统模型构建

智能生态耦合设计优化了夏热冬冷地区高校居住空间能耗，通过智能调控、太阳能等可再生能源及围护结构优化，使总能耗降低20%-30%，并结合照明控制与用户节能意识提升强化效果，实现碳减排、成本节约及生态与能源协同发展的可推广模式（数据来源于斯维尔模拟）。

5.3 光环境模拟

屋顶采光井系统白天利用自然光照明，原理是采集室外光线导入系统，经导光管传输后，由漫射装置将自然光均匀分配到室内所需区域。再通过斯维尔对本建筑的采光模拟和统计分析，绘制动态采光逐日（月）统计图和动态采光图分析，得出光环境满足《建筑环境通用规范》GB 55016-2021。

6 结论

研究提出的智能生态耦合设计策略，在湖北高校高密度居住空间中验证了显著节能减碳和气候适应能力。首先，从节能减排角度看，该策略通过被动式设计、可再生能源利用及智能化控制等手段，大幅降低了建筑能

耗和碳排放量，为可持续发展提供了有力支持。其次，从室内环境质量来看，通过微气候调节技术和季节性设计转换，优化了热湿环境、光环境和空气质量，显著提升了居住者的舒适度。此外，从生态与社会效益方面分析，立体绿化、水资源循环利用以及共享空间的设计策略，改善了校园生态环境，实现了生态与人文的双重价值。

然而，研究存在一定局限性：研究主要集中于夏热冬冷地区的高校集约化居住空间，其结论的普适性需进一步验证；另一方面，数据主要来源于模拟仿真和案例分析，缺乏实际运行数据支持。此外，智能化技术的应用仍处于初步探索阶段，尚未构建起完整的技术体系，未来需深入挖掘以推动技术的成熟与推广。

参考文献

- [1] 侯婧雯. “行为-能耗”耦合下的夏热冬冷地区高校宿舍建筑设计研究[D]. 西南交通大学, 2023. DOI: 10.27414/d.cnki.gxnju.2023.000292.
- [2] 梁晶晶. 夏热冬暖地区高校宿舍居住者行为对建筑能耗的影响研究[D]. 广东工业大学, 2022. DOI: 10.27029/d.cnki.ggdgu.2022.001244.
- [3] 林笑宇, 于航, 周奕伽, 等. 夏热冬冷地区高校学生宿舍用电影影响参数分析 [J]. 土木与环境工程学报(中英文), 2022, 44 (04): 185-194.
- [4] 周志平, 康家胜, 杨建波, 等. 夏热冬冷地区某高校宿舍春季热舒适调查研究 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48 (04): 94-97.
- [5] 马冉. 高校学生宿舍外窗朝向及窗墙比节能设计研究[D]. 三峡大学, 2020. DOI: 10.27270/d.cnki.gsxau.2020.000663。