

# 能耗限额背景下夏热冬冷地区居住建筑节能措施

马辉<sup>1</sup>,童志文<sup>2</sup>,彭小洪<sup>2</sup>,曹稳<sup>2</sup>

(1.蚌埠市建筑设计研究院集团有限公司,安徽 蚌埠 233100;2.安徽科技学院建筑学院,安徽 蚌埠 233100)

**摘要:**在能源革命的号召下,社会经济快速转型,从粗放式发展向新能源低碳经济靠拢,并提出碳中和的宏伟目标,为可持续发展注入新动力。现阶段在经济和技术上实现零能耗建筑还存在一定距离,应从近零能耗建筑研究创新入手,才能适应居住建筑节能发展的新要求。在此基础上,通过技术模拟比较得出最优的改造方案,最大程度减少施工量,降低对周边居民正常生活的影响。树立建筑节能典型,为其他地区的改造提供参考,并为实际改造项目进行奠定基础。

**关键词:**能耗限额;夏热冬冷地区;建筑节能措施

**中图分类号:**TU201.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-7344(2023)42-0184-03

## 0 引言

江淮流域现有住宅楼宇与新的节能设计要求相差甚远,这与历史原因有一定关联,而且建筑大部分处于年久失修的状态,外部围护结构热工性能基本丧失、居住环境差,造成运行能耗高、修缮过程复杂。现今,节能降耗意识的不断加强,建筑行业发展方向发生改变,把节能改造作为节能工作的重要环节,已逐步推广应用。按照国家改造标准要求,已有建筑在改造前期要做好勘察研究工作,对节能指标、围护结构的热工性能比测、供暖、空调系统的能耗和运行控制、室内热环境条件等详细了解,并做出科学的评估报告为后期的节能改造提供数据支持。随着城市化进程加剧,高层建筑成为主流,相对建筑物能源效益的指标有了更高的要求,而对围护结构各部分的传热系数控制要求更严苛。因此,为江淮地区现有的住宅楼宇进行翻新改造工程是迫在眉睫的。

## 1 夏热冬冷地区的气候特征

我国江淮以南地区大部分以冬冷夏热天气特征为主,相比北方的天气,这一地区四级区分不明显,一般只分冬夏两季,夏季闷热高温,冬季阴冷潮湿,昼夜温差在10℃左右,年降水量高、日照时间短。每年春末夏至之间有梅雨季,没有日照,阴雨连绵。夏季太平洋副热带高压从江西省出发,停留该地区一个多月保持高温闷热天气,大多数温度超过35℃,14时的平均温度可达32~33℃,最低气温也高于25℃,温差极小。就像蒸笼笼罩,白天气温过高、夜间又没有风力吹动,致使气候闷热难耐。在冬季,强冷空气抵达该地区被南岭和东南部的丘陵所阻挡,冷空气滞留覆盖,使该地区处于长时间的寒冷期,尤其是1月份的平均气温比世界上同一纬度的其他地区低8~10℃,是同纬度冬季温度最低的

地区。夏热冬冷地区多处于水网附近,空气相对湿度超过普通地区,湿度指标可达70%左右,夏季炎热潮湿,冬季寒冷潮湿,气候环境恶劣<sup>[1]</sup>。

## 2 夏热冬冷地区建筑施工特点及能耗

### 2.1 建筑物热特性

在夏热冬冷地区,采用厚24cm的实心黏土砖进行保温的方式已使用多年,其传热系数仅有2.0W/(m<sup>2</sup>·K),即便更新换代采用新的墙体材料,也会以24cm厚的砖墙作为参考,没有任何热绝缘保护。有些地方使用空心黏土砖,其热绝缘性能略高,也有些地方使用页岩砖、石灰砂砖和其他非黏土砖,其强度比黏土砖好,但热绝缘性能较差。窗户的选材基本使用单层玻璃金属窗结构,外接遮阳措施几乎没有,而且单层玻璃窗的热绝缘性能非常差。在夏季在没有遮阳措施的阻隔,大量的太阳热辐射进入室内,室内温度陡增。伴随新型住宅购买热潮的掀起,一些住宅的设计追求更好的建筑立面效果,调整了窗户与墙面比例,只是追求外观而忽视了散热性能。在屋面结构上,以平屋面为主,墙体的保温隔热性能远高于它。架空屋顶措施也较为常见,但只在夏季隔热效果明显,冬季保温性差。随着人们生活水平的提高和制冷制热设备的普及,更多居民自己解决屋内冬冷夏热的情况,就如空调、散热扇、电暖气等机器,虽然解决室内环境问题但也带来了能源消耗的考验。

### 2.2 建筑能耗状况

长久以来,大多数夏热冬冷地区的建筑物配套设施中缺少供暖降温措施的干预,导致居民对改善居住环境的盼望急切。又依赖于我国经济快速发展,居民物质水平也随之提升,使用空气调节制冷、电热器供暖成为改善气候环境的基本措施,但相应的能源消耗问题日趋严重,建筑物整体能耗量急剧上升。但是,由于建

筑物本身的热绝缘效果未进行改造,因此改善居住环境的工作有限。

除此之外,我国历史发展悠久,夏热冬冷地区的建筑设计都有各个时期的特征保留,而且建筑耗能问题被关注到较晚,导致建筑节能设计环节的缺失,造成室内环境质量与舒适度不成正比。在冬季供暖、夏季制冷设备使用的高峰期耗电量可达到总耗电量的40%左右。据有关专家推测,如果不及时采取有效的节能手段,为了满足中国未来夏热冬冷地区住宅建筑的舒适度指标,夏季空调用电负荷将超过8亿kW,冬季超过2亿kW,年用电量达到2240亿kW·h。而我国最大三峡发电站年发电量才有847亿kW·h<sup>[2]</sup>。

### 3 基于能耗定额的可行技术路径分析

#### 3.1 不同的技术路径对比

在室内温度在舒适范围内的前提下,对不同的技术路径进行比较,符合能耗指标的技术方案可分为“主动优化技术”和“被动优化技术和主动优化技术综合权衡方案”两类。以长沙市为例,对这两条路径进行综合分析。行业学者针对夏热冬冷地区单项技术的优化已经做了很多研究,其中外围护结构保温方面的研究主要集中在探讨外墙保温材料最佳厚度上,应用寿命周期经济性分析的方法,从“经济”的角度研究了夏热冬冷地区部分典型城市不同外墙保温材料的最佳厚度;通风和遮阳技术也被众多学者证明是有效的降低能耗策略;基于建筑热过程建立了涵盖设计与运行阶段的室内热环境营造桑基能流图,并对相关各项节能技术原理和在夏热冬冷地区的应用现状进行了分析讨论。同时,也有部分学者针对夏热冬冷地区居住建筑不同设计技术的综合优化展开了研究。部分学者以“舒适”“能耗”为目标探寻了重庆住宅不同被动设计参数的节能调控策略;以“舒适”“能耗”为目标分析了上海住宅

不同被动设计参数的优化设计方案;从“能耗”的角度分析了江淮流域围护结构相关被动技术的节能潜力,并提出了通过应用被动技术延长非供暖空调时间、降低建筑能耗需求,同时结合主动设备能效提升进而降低供暖空调能耗的室内热环境营造技术理念,为本文的进一步细化研究提供了技术框架。

#### 3.1.1 技术路径 A:基于主动优化的技术方案

技术路径 A 是一个基于“主动优化”的设计方案,是一个满足现行住宅建筑节能设计标准的优质方案。外墙传热系数为 1.14W/(m<sup>2</sup>·K),屋顶传热系数为 0.93W/(m<sup>2</sup>·K),外窗传热系数为 2.80W/(m<sup>2</sup>·K),太阳吸热系数为 0.75,气密性指数为 1.0h<sup>-1</sup>。在围护结构技术方案的设计中要首先考虑自然通风和百叶窗遮阳的外部措施提高节能性,可以保持每个城市的供热负荷密度稳定,降低冷负荷密度,确保供热和空气调节的负荷密度逐年下降。

用长沙节能技术应用为参考,年累计冷热负荷指标有所下降完全依赖于技术路线 A 通过实施被动调节策略,被动技术优化可使年累计冷热负荷减少 10.2%,非采暖空调时间延长 9.2%;为了将采暖空调能耗控制在 20kW·h/m<sup>2</sup> 以内,完成能耗定额目标,有必要采用最高节能等级 (APF ≥ 3.6)。技术路径 A (以主动优化为主的方案) 如表 1 所示。其余城市技术路线 A 的使用可以参照表 1。均衡各城市被动技术优化的贡献率可达到 7.5%~13.4% (平均 10.8%),延长非采暖和空调时间的贡献率为 6.0%~9.8% (各城市均值为 8.6%)<sup>[3]</sup>。在这种情况下,需要大幅度提高主动设备的能源效率,以实现能源限额目标,由表 1 可知,每个城市所需的最低 APF,所有城市都需要使用最高水平的节能空调,以达到能源消耗限额目标的完成。

表 1 技术路径 A——以主动优化技术为主的方案

城市	全年总制冷供热负荷密度/(kW·h·m <sup>-2</sup> )	被动技术贡献		空调全年实际运行能效	
		被动技术降低负荷比例/%	延长非供暖空调时间比例/%	最低 APF	推荐 APF
武汉	84.09	7.5	6.0	4.2	4.2
长沙	72.98	10.2	9.2	3.6	3.6
重庆	65.34	11.0	9.7	3.3	3.5
韶关	67.11	8.8	7.9	3.4	3.5
信阳	71.27	12.0	9.0	3.6	3.6
宜昌	70.36	10.4	8.0	3.5	3.5
汉中	68.00	12.7	9.1	3.4	3.5
成都	55.26	13.4	9.8	2.8	3.5

#### 3.1.2 技术路径 B:被动优化与主动优化技术的综合平衡方案

采取路径标准后,在现有住宅建筑节能设计标准的基础上,建筑围护结构的热工性能得到改善,空调系

统能效全年得到了适当的提高。以长沙市为参考,技术路线 B 采用本文建立的“多目标优化-多因素决策”模型,在三目标权衡后提供最优方案,该方案通过被动技术优化后,可使年累计冷热负荷减少 34.3%,非采暖空调

时间延长 13.4%，采暖空调年能耗控制在 20 (kW·h)/m<sup>2</sup> 以内，并可实现能耗定额。如果使用更节能的空调，能源消耗会更低。技术路径 B(被动优化与主动优化技术综合权衡的方案)如表 2 所示。

表 2 技术路径 B——被动优化与主动优化技术综合权衡的方案

城市	全年总制冷供热负荷密度/(kW·h·m <sup>-2</sup> )	被动技术贡献		空调全年实际运行能效	
		被动技术降低负荷比例/%	延长非供暖空调时间比例/%	最低 APF	推荐 APF
武汉	61.96	31.9	10.9	3.1	3.5
长沙	53.39	34.3	13.4	2.7	3.5
重庆	48.78	33.6	13.0	2.4	3.5
韶关	52.39	28.8	11.2	2.6	3.5
信阳	50.04	38.2	15.7	2.5	3.5
宜昌	51.13	34.9	12.6	2.6	3.5
汉中	48.79	37.3	11.7	2.4	3.5
成都	39.30	38.4	11.7	2.0	3.5

在该技术路径使用下，各代表性城市供暖空调负荷年均减少率为 28.8%~38.4%(平均 34.7%)，非供暖空调时间延长率为 10.9%~15.7%(平均 12.5%)，比技术路径 B 和技术路径 A 通过被动技术的改进，供暖空调负荷年均减少率额外降低 23.9%，非供暖空调时间年均延长率额外降低 3.9%。

以“主动优化技术为主”的技术路径 A，其围护结构的热工性能仅满足当地节能标准的要求，室内热湿环境受气候影响大，热环境稳定性效果不明显，居民反馈舒适情况未改善。该技术路线适用于各省市落实现行住宅建筑节能设计标准所要求的新建建筑，还要满足居民选购能耗水平较低的空调产品，才能实现能耗限额目标。与其相比，“被动优化与主动优化综合权衡”的技术路线 B 是通过对各种可行方案的“能耗”“舒适”和“经济”三个目标的综合全面分析和权衡而定的，这种技术方案具有良好的热稳定性，是一种可在一定范围内进行论证和推广的高效节能建筑设计方案。

### 3.2 技术路径减少碳排放远景分析

居民的舒适度要求随着生活水平的提高也不断提升，在现有的技术体系下，要想维持室内最佳舒适温度，长江流域住宅建筑的采暖和空气调节的年平均耗电量要达到 32.51kW·h/m<sup>2</sup>。本文提到的技术路线 A 和技术路径 B，每单位采暖和空气调节面积的年耗电量可分别降至 20kW·h/m<sup>2</sup>、12.51kW·h/m<sup>2</sup>，碳排放量也有大幅度降低。技术路径 A 通过被动优化降低能耗 10.8%，通过主动优化降低能耗 27.7%，而技术路径 B 通过被动优化降低能耗 34.7%，通过主动优化技术降低能耗 3.8%，如果采用年能效低于 3.5 的高效空调系统，能耗可进一步降低到 20kW·h/m<sup>2</sup> 水平，能为双碳做出贡献<sup>[4]</sup>。

我国江淮流域城镇居住面积约 90 亿 m<sup>2</sup>，每年新增居住面积约 6 亿 m<sup>2</sup>。如果按照项目技术指标设计新建

住宅，单位面积节能 12.51kW·h/m<sup>2</sup>，可每年节约标准煤 229 万 t[换算系数为 0.318kg/(kW·h)]，碳排放量减少约 507 万 t[转换系数为 0.7035kg/(kW·h)]，环境效益将更可观，有助于中国应对能源供应和气候危机问题，权衡能源消费总量，实现碳中和任务<sup>[9]</sup>。

## 4 结语

本文通过对两种技术路径的详细分析，能更好的缓解夏热冬冷地区居住建筑节能减耗的实际问题，实现能耗限额的新要求。在日益提高的生活水平下，维持室内适宜温度和舒适度是建筑节能设计的关键，既考验节能设计措施的科学规范，也挑战对既有建筑低成本、高效益的改良能力。因此，建筑工程可以因地制宜选择符合的技术方案，提醒居民在选择空调设备时，应尽量使用一级节能产品，改善居住环境的同时为绿色低碳做出贡献。

### 参考文献

- [1] 杜晨秋,邱向伟,李金波,等.长江流域住宅分体式空调全年使用特性分析[J].暖通空调,2022(1):10-12.
- [2] 熊杰,姚润明,李百战,等.夏热冬冷地区建筑热工气候区划分方案[J].暖通空调,2019(4):88-89.
- [3] 贾洪愿,李百战,姚润明,等.探讨长江流域室内热环境营造:基于建筑热过程的分析[J].暖通空调,2019(4):14-16.
- [4] 徐振坤,李金波,石文星,等.长江流域住宅用空调器使用状态与能耗大数据分析[J].暖通空调,2018(8):50-51.
- [5] 何玥儿,丁勇,刘猛.夏热冬冷地区绿色建筑的节能效益[J].土木建筑与环境工程,2018(1):16-19.

**基金项目:**安徽省建设科学技术计划项目“江淮地区既有居住建筑节能改造研究”(2021-YF06)。

**作者简介:**马辉(1971—),男,汉族,安徽蚌埠人,硕士研究生,高级工程师,研究方向为暖通设计、建筑节能。