

DeST 模拟下窗帘对农村住宅建筑负荷的影响

李先越 林 珩 金光虎*

延边大学工学院, 吉林 延吉 133002

[摘要] “双碳”目标的提出为我国各行各业的能耗指明了新的发展方向, 其中建筑行业在全国能源消耗总量占比为 36.3%, 推动建筑行业朝低碳和节能的方向转变, 采取被动式的设计是有效的途径。文章利用 DeST 软件, 在五个热工设计分区中分别选出一个代表城市, 对哈尔滨、北京、上海、广州和昆明 5 个城市的农村自建房进行了数值模拟。以窗帘的反射率为自变量, 建筑的负荷值为因变量, 分析了不同城市的最佳窗帘反射率的值。模拟结果表明: 哈尔滨市深色窗帘对于热负荷的升高的影响最大; 北京市浅色窗帘对热负荷的降低影响最大; 北京市浅色窗帘对冷负荷的升高影响最大; 上海市深色窗帘对冷负荷的升高影响较大。严寒地区冬季尽量使用浅色窗帘, 其余时间减少使用窗帘, 避免使用深色窗帘的建议; 寒冷地区尽量使用浅色窗帘, 避免使用深色窗帘; 夏热冬冷地区雨季使用浅色窗帘, 其余时间减少使用窗帘, 避免使用深色窗帘的建议; 夏热冬暖地区应避免使用窗帘; 温和地区尽量使用浅色窗帘, 避免使用深色窗帘。

[关键词] 建筑负荷; 农村住宅; 窗帘

DOI: 10.33142/aem.v6i7.12682

中图分类号: TU831.2

文献标识码: A

The Impact of Curtains on the Load of Rural Residential Buildings under DeST Simulation

LI Xianyue, LIN Heng, JIN Guanghu*

College of Engineering, Yanbian University, Yanji, Jilin, 133002, China

Abstract: The proposal of the "dual carbon" goal has pointed out a new development direction for energy consumption in various industries in China, with the construction industry accounting for 36.3% of the total energy consumption in the country. To promote the transformation of the construction industry towards low-carbon and energy-saving direction, adopting passive design is an effective way. This article uses DeST software to select a representative city from five thermal design zones, and conducts numerical simulations on rural self built houses in five cities: Harbin, Beijing, Shanghai, Guangzhou, and Kunming. The reflectivity of curtains is the independent variable, and the load value of buildings is the dependent variable. The optimal reflectivity value of curtains in different cities is analyzed. The simulation results show that dark curtains in Harbin have an impact on heat load. The increase in temperature has the greatest impact; light colored curtains in Beijing have the greatest impact on reducing heat load; The light colored curtains in Beijing have the greatest impact on the increase of cooling load; Dark curtains in Shanghai have a significant impact on the increase of cooling load. It is recommended to use light colored curtains as much as possible in cold regions during winter, and reduce the use of curtains during other times to avoid using dark colored curtains; Try to use light colored curtains in cold areas and avoid using dark colored curtains; Suggestions for using light colored curtains during the rainy season in hot summer and cold winter areas, and reducing the use of curtains during the rest of the time to avoid using dark colored curtains; Avoid using curtains in hot summer and warm winter areas; Try to use light colored curtains in mild areas and avoid using dark colored curtains.

Keywords: building load; rural residential; curtain

引言

根据 2022 年中国建筑节能年度发展报告所指出的数据, 我国建筑业的总能耗是所有能源消耗的 36.3%^[1]。这其中, 乡村住宅将近占建筑能耗总量的 24%, 这与农村建筑面积在全国建筑总面积中占比较大有关。自实施乡村振兴战略以来, 农村住宅建筑进行了统筹规划, 改变了多为自筹自建、缺乏建造标准的面貌。建设的新农村住宅建筑在很大程度上解决了因围护结构热工性能普遍较差而造成的能耗过大的问题。仅 2021—2022 年间的的数据, 农村建筑能耗下降近 2%。在 2030 年碳达峰目标将要来临之际, 如何在这个基础上, 进一步优化围护结构设计以降低农村

建筑的能耗成为了被广泛探究的课题。例如刘方舟等人^[2]从保温层材料的角度探究不同气候类别地区的最优保温层厚度, 陈祺雅等人^[3]从经济性角度对寒冷地区农村住宅围护结构节能优化的全面探索等。本文主要从外窗遮阳设施的角度, 对五大热工设计分区中的新农村住宅建筑外窗设置不同折射度的窗帘, 并进行全年能耗模拟分析以探究其对建筑冷热负荷的影响, 从而为新农村住宅建设中的节能工作提供一定的理论依据和数据支撑。

1 研究方法

1.1 能耗模拟软件的选择

除了 DeST-h 以外, 研究能耗的软件有很多, 如 Energy

Plus、DOE2、BLAST、HASP、ESP-r 等，在功能上和 DeST-h 有许多相似之处，但是在建筑房屋的能耗模拟上，DeST 有出色的表现。

1.2 DeST 的详细说明

DeST 是建筑环境及 HVAC 系统模拟的软件平台，该平台由清华大学开发，以其科研成果为理论基础，将现代模拟技术思想运用到建筑环境的模拟和 HVAC 系统的模拟中去，为建筑环境的相关研究和建筑环境的模拟预测、性能评估提供了方便实用可靠的软件工具。DeST 的版本众多，本次能耗模拟采用 DeST-h 来进行。

DeST-h 采用的是状态空间法对建筑整体直接求解，列出建筑各个构件（墙、楼板、窗、室内空气等）的热平衡方程，然后通过严密的数学推导，求解出各个房间中各种扰量（例如空气流通、外温、太阳辐射、室内热扰等）对于房间室温的影响系数。然后根据叠加原理（线性化假设）进行计算叠加成，得出相应的模拟数据。

1.3 模拟对象

住宅建筑模型的选择主要参照了《新农村民居方案通用图集》的典型设计方案，并结合全国五个热工设计分区中多个地区的《社会主义新农村住宅设计图集》，最终确定为图 1 的全国通用建设方案。住宅形式为低层住宅，可独立建设，也支持双拼、联排组合。该模型层高 3.6m，户面宽度 11.4m。房间有 3 个卧室，客厅、厨房、卫生间各 1 个，其中卧室和客厅的窗户朝阳，厨房以及卫生间均具有自然采光和通风的窗口。总建筑面积约为 123m²。

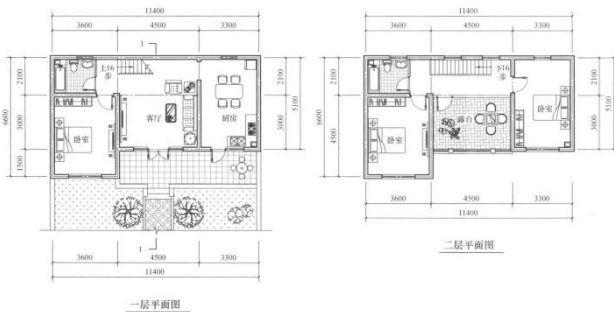


图 1 《新农村民居方案通用图集》参考图

1.4 软件的设置

1.4.1 气候特征

本文选择哈尔滨（严寒地区）、北京（寒冷地区）、上海（夏热冬冷地区）、广州（夏热冬暖地区）、昆明（温和地区）作为五大建筑热工分区的代表城市，并使用其默认气候参数进行环境模拟。

1.4.2 围护结构

选择的住宅建筑方案为全国通用方案，因此在除了外窗以外的围护结构的参数上采用了统一数据，外墙为 200mm 钢筋混凝土铺设 78mm 保温层，内墙为陶粒混凝土，地板为钢筋混凝土楼板，屋顶为加气混凝土保温屋面。

在外窗参数设置上，哈尔滨采用普通中空玻璃（中空 12mm）、北京采用普通中空玻璃（中空 9mm）、上海采用普通中空玻璃、广州采用标准外窗 240~0.55、昆明选择标准外窗 2.5。

1.4.3 窗帘设置

窗帘参数：短波反射是指反射太阳直射辐射的能力，是窗帘遮阳降低冷负荷的重要参数，不同颜色的窗帘其短波反射率不同。为了降低其他因素的干扰，仅设置浅色与深色两种窗帘，同时为了更加明显的表现出冷、热负荷的变化趋势，对浅色和深色窗帘的短波反射率分别赋予 0.1 和 0.9 的极端值。

窗帘作息：通过现有的研究结论可以知悉窗帘作息、窗墙比与能耗之间存在一定数学关系^[4]。但结合实际情况，窗帘作息不可控性较强，故不作为变量参数分别设置，统一采用 6 至 8 月中旬 12 点至 16 点为窗帘关闭时间。

其他参数：热扰分配模式采用太阳透射热扰。室内人员、设备运行、房间种类等室内热扰因素对建筑冷热负荷具备一定的影响作用，但在本文设计的模拟中不作为主要因素考虑，因此设定为默认值。

2 结果分析和讨论

2.1 哈尔滨市和北京市的模拟情况及分析

2.1.1 哈尔滨市的模拟情况

以哈尔滨市作为模型的环境，不同的窗帘的全年模拟情况如表 1 所示。从表中可以看出深色窗帘显著提升了建筑的全年累计热负荷、同时降低了建筑的全年累计冷负荷。浅色窗帘对建筑也产生了相同趋势的影响，但幅度对比深色较小，可见使用深色窗帘会对哈尔滨地区的农村自建房建筑能耗产生较大的影响。

通过对比各组全年累计负荷数值，可以发现不使用窗帘的能耗是最低的，深色窗帘虽产生较大影响，但累计数值反而大于其余两者。由此可认为，哈尔滨地区的农村自建房建筑若要降低能耗，可选择的节能策略是尽量避免使用深色窗帘或是减少窗帘的使用^[5]。

严寒地区采暖期长，热负荷在建筑负荷中占据绝对主体地位，模拟中建筑累计负荷和累计热负荷具有相同的大小趋势也可以佐证这点。考虑到我国严寒地区多数处于蒙古—西伯利亚高压的影响下，从实用性的角度出发，窗帘的存在有助于减少冷空气进入建筑内部，因此窗帘的使用是必要的，故对建筑提出冬天尽量使用浅色窗帘，其余时间减少使用窗帘，避免使用深色窗帘的建议。

表 1 哈尔滨市模拟结果

项目统计	单位	无窗帘统计值	浅色统计值	深色统计值
全年累计热负荷	kW·h	25152.83	25336.32	26891.47
全年累计冷负荷	kW·h	113.95	112.62	89.24
全年负荷	kW·h	25266.78	25448.94	26980.71

2.1.2 北京市的模拟情况

表 2 是将建筑模型置于北京市环境中模拟得到的数据,可以看出浅色窗帘对该城市农村自建房的能耗影响最大,且为三种情况下全年累计负荷数值最低。由此可认为,北京地区的农村自建房使用浅色窗帘是一种较好效果的节能措施。

从寒冷地区的角度来看,供暖期时长比制冷期略长,该地区采暖依旧是主要因素,因此可以对热负荷产生最大影响的窗帘就是建筑节能优化的对象,故对寒冷地区农村自建房提出尽量使用浅色窗帘,避免使用深色窗帘的建议。

表 2 北京市模拟结果

项目统计	单位	无窗帘统计值	浅色统计值	深色统计值
全年累计热负荷	kW·h	8783.57	7681.96	8982.92
全年累计冷负荷	kW·h	1207.65	1348.10	1133.01
全年负荷	kW·h	9991.22	9030.06	10115.92

2.2 上海市模拟情况及分析

表 3 是对上海市进行模拟分析得到的数据,深色窗帘对于冷热负荷产生显著影响,但不使用窗帘全年累计负荷最小,由此可认为,上海地区的农村自建房尽量避免使用深色窗帘或是减少窗帘的使用可以产生较好的节能效果。

夏热冬冷地区多处在北亚热带季风气候带,湿润多雨,相对湿度和昼夜温差较大,多使用窗帘有助于隔绝因昼夜温差过大产生的湿冷空气对室内环境的影响。故对建筑提出雨季使用浅色窗帘,其余时间减少使用窗帘,避免使用深色窗帘的建议。

表 3 上海市模拟结果

项目统计	单位	无窗帘统计值	浅色统计值	深色统计值
全年累计热负荷	kW·h	3375.04	3486.69	4414.74
全年累计冷负荷	kW·h	2943.90	2855.40	2175.44
全年负荷	kW·h	6318.95	6342.09	6590.18

2.3 广州市模拟情况及分析

表 4 是对广州市进行模拟分析得到的数据,浅色窗帘对于冷热负荷产生显著影响,但不使用窗帘全年累计负荷最小,由此可认为,广州地区的农村自建房不使用可以产生较好的节能效果。

夏热冬暖地区多属南亚热带季风气候,且受海洋性气候影响,气温相对北亚热带季风气候带更高,相对湿度较大。减少窗帘的使用可以增加室内阳光照射的时间,促进空气的流动以及减少受潮等,对提升室内空间质量也有一定的帮助。

表 4 广州市模拟结果

项目统计	单位	无窗帘统计值	浅色统计值	深色统计值
全年累计热负荷	kW·h	142.61	141.27	142.61
全年累计冷负荷	kW·h	4992.82	4605.38	4697.01
全年负荷	kW·h	5135.42	4746.65	4839.62

2.4 昆明市模拟情况及分析

表 5 是对昆明市进行模拟分析得到的数据,浅色窗帘对于冷热负荷产生显著影响,但不使用窗帘全年累计负荷最小,由此可认为,昆明地区的农村自建房尽量减少窗帘的使用可以产生较好的节能效果。

温和地区地处亚热带和热带交界区,太阳照射时间长,天气晴朗,气温相对较高,地区紫外线年辐射量仅次于西藏蒙三地。考虑到现实生活情况,减少窗帘的使用并非一个好的选择,故对建筑提出尽量使用浅色窗帘,避免使用深色窗帘的建议。

表 5 昆明市模拟结果

项目统计	单位	无窗帘统计值	浅色统计值	深色统计值
全年累计热负荷	kW·h	1115.36	514.27	737.19
全年累计冷负荷	kW·h	0.00	0.00	0.00
全年负荷	kW·h	1115.36	514.27	737.19

2.5 典型城市的窗帘

通过实验模拟数据可知我国五个热工分区中建筑的全年累计负荷组成以及比例,并在一定程度上与现实情况相吻合。在添加了窗帘条件后,五个地区的建筑负荷数值都产生了变化,证实了窗帘条件对于建筑冷热负荷的影响作用。因此,对于全国地区农村自建房的节能改造工作来说,使用不同的窗帘是具有理论可行性的。

深色窗帘在每一个热工分区都具有较为出色的降低建筑冷负荷的作用,对于建筑热负荷则是具有相当大小的反向影响力,因而在最终节能效果上并不理想。浅色窗帘在降低建筑累计负荷上的作用要优于深色窗帘,在不考虑一些现实条件的影响下,是大多数地区最节能的选择。

相较于无窗帘条件下的建筑累计负荷,部分地区的建筑因采用深色窗帘而产生的累计负荷值增长值要大于使用浅色窗帘的累计负荷值减少值。在这种条件下,本文认为避免使用深色窗帘是最合理的建议。在综合气候特征和当地人民生活习惯等因素后,初步推断严寒地区、寒冷地区和夏热冬冷地区应尽量使用浅色窗帘以及避免使用深色窗帘,夏热冬暖地区则应尽可能减少使用窗帘。



图 2 五个热工分区的模拟结果

3 结论

本研究选用 DeST-h 软件,通过对农村自建房模型在我国五大建筑热工设计分区下使用不同窗帘条件的建筑能耗情况进行模拟研究分析,主要的结论如下:

(1)从哈尔滨市的模拟结果分析可知,不使用窗帘和避免使用窗帘的总负荷数值最低,同时考虑到其特殊的气候环境,应使用窗帘。综合上述考虑,对严寒地区建筑提出冬季尽量使用浅色窗帘,其余时间减少使用窗帘,避免使用深色窗帘的建议;

(2)从北京市的模拟结果分析可知,使用浅色窗帘时的建筑总负荷数值最低,由此可知,寒冷地区应尽量使用浅色窗帘,避免使用深色窗帘;

(3)从上海市的模拟结果分析可知,不用窗帘的建筑能耗最低,结合该地区潮湿多雨、温差较大的气候特征,使用窗帘可以有效的改善居住环境,因此综合考虑,夏热冬冷地区雨季使用浅色窗帘,其余时间减少使用窗帘,避免使用深色窗帘的建议;

(4)从广州市的模拟结果分析可知,不用窗帘的建筑能耗最低,同时因为其海洋性气候导致的高温和较高的湿度,所以夏热冬暖地区应避免使用窗帘;

(5)从昆明市的模拟结果分析可知,不使用窗帘的建筑能耗最低,考虑到该地区的紫外线较强且气温较高,

使用窗帘可以有效避免上述情况,因此温和地区应该尽量使用浅色窗帘,避免使用深色窗帘。

[参考文献]

- [1]中国建筑节能协会.中国建筑能耗与碳排放研究报告(2022年)[J].建筑,2023(2):57-69.
- [2]刘方舟,聂金哲,李德英,等.办公建筑外墙保温材料厚度优化研究[J].新型建筑材料,2018,45(5):136-139.
- [3]陈祺雅,刘艳峰,祝颖,等.寒冷地区农村住宅围护结构节能优化研究[J].建筑热能通风空调,2017,36(8):22-25.
- [4]高子龙.寒冷地区医院建筑能耗影响因素的研究[D].山东:山东建筑大学,2018.
- [5]张晓亮,吴如宏,燕达.全国暖通空调制冷2004年学术年会资料摘要集[C].北京:中国建筑学会暖通空调专业委员会,2004.

作者简介:李先越(2001—),女,汉族,安徽芜湖人,本科在读,延边大学工学院,研究方向:建筑技术;林珩(2002—),男,汉族,吉林长春人,本科在读,延边大学工学院,研究方向:建筑设计;*通讯作者:金光虎(1978—)男,朝鲜族,吉林延吉人,硕士,副教授,硕士生导师,国家一级注册建筑师,延边大学工学院,研究方向:建筑设计及其理论。