

# 基于 DesignBuilder 模拟的严寒地区小户型住宅建筑节能因素分析

Analysis of energy-saving factors of small residential buildings in cold region based on DesignBuilder simulation

李 秦<sup>1</sup>, 刘利刚<sup>2</sup>, 郑小东\*

Li Qin<sup>1</sup>, Liu Ligang<sup>2</sup>, Zheng Xiaodong\*

**摘要** 减碳增绿是近年来广泛讨论的话题,减碳行动不仅是宏观调控下面临的任务,更是每一个住宅单元需要肩负的责任,此外由于住宅建筑是分布最广泛的建筑类型,住宅建筑在节约能源方面占据着重要的地位。黑龙江省地处严寒地区,冬季采暖能量消耗巨大,通过对严寒地区某小户型住宅建筑的建筑能耗分析,旨在更好掌握我国严寒地区住宅建筑的节能潜力。采用“DesignBuilder”软件,建立黑龙江省某小户型住宅建筑模型,模拟建筑在2022年一年的采暖、照明及其它能耗,与实际数据进行对比分析。实测该户2022年能耗为29043.28 kWh,通过对三种不同节能方法的模拟,最节能手法可节能5.4%。最终得出结论通过增加保温层厚度的方式可有效节约严寒地区采暖能源消耗。

**关键词** 严寒地区;能耗模拟;住宅建筑;DesignBuilder

**中图分类号** TU921

**文献标识码** A

**DOI**

**Abstract** Carbon reduction and green improvement have been widely discussed in recent years. Carbon reduction is not only a task under macro-control, but also a responsibility for every residential unit. In addition, residential buildings play an important role in energy conservation as they are the most widely distributed building types. Heilongjiang Province is located in the cold region, the heating energy consumption in winter is huge, through the analysis of building energy consumption of a small residential building in the cold region, the purpose is to better grasp the energy saving potential of residential buildings in China's cold region. Using "DesignBuilder" software, a small

residential building model in Heilongjiang Province was established to simulate the heating, lighting and other energy consumption of the building in 2022, and to compare and analyze the actual data. The measured energy consumption of the household in 2022 is 29043.28 kWh, through the simulation of three different energy-saving methods, the most energy-saving method can save 5.4%. Finally, it is concluded that increasing the thickness of insulation layer can effectively save the heating energy consumption in cold regions. Key words Urban Village; post-occupancy evaluation; Maquanying Village; Spontaneous Construction; Semantic Differential (SD) Method.

住宅建筑是我们生活中使用最频繁的建筑类型<sup>[1]</sup>,建筑数量多,排布密集,节能潜力大,示范性强,是节能减排和生态文明建设的重要主体<sup>[2]</sup>,肩负着节约能源资源的主体引领作用<sup>[3]</sup>。影响居住建筑非供暖能耗的因素很多,主要包括建筑结构、建筑用途和人群活动需求、气候、建筑生命阶段、用能设备及其控制、建筑运行管理等<sup>[4][5][6]</sup>。在进行能耗管理时,需要对这些因素进行全面的分析和考虑,制定出合理的降低能耗的措施。提高居住建筑的能源利用效率的方法比较多,除去降低非供暖能耗的措施之外,还可以采用硬件设施改造、能源控制技术的使用、能耗管理与节能行为的培育等<sup>[7][8][9]</sup>。为了解居住建筑能耗及不同节能措施带来的影响,本文基于黑龙江省某户使用的住宅2022年能耗总表数据,通过实地调研,采用DesignBuilder能耗模拟,拆分得出该住宅各类指标能耗。为我国严寒地区住宅的能耗研究及高效节能措施推广提供实践参考。

作者简介:李秦,女,硕士研究生,学生。研究方向:建筑设计理论。

刘利刚,男,博士研究生,副教授。研究方向:建筑技术。

通信作者:郑小东,男,博士研究生,教授。研究方向:建筑设计理论。邮箱:zhengxd@bjfu.edu.cn

作者单位 1. 北京林业大学园林学院

1 模拟过程

1.1 建筑概况

具体建筑信息如表 1 所示。  
表 1 模拟住宅建筑信息

功能区域	面积/m <sup>2</sup>	备注
客厅	15.5	
厨房	15	
卧室 1	22.5	
卧室 2	2.5	
卫生间	4.5	
阳台	4	不消耗电能、无暖气

该建筑位于黑龙江省鸡西市边陲小镇，所在地理位置属寒冷区，于 2013 年 1 月投入使用，使用面积 63 m<sup>2</sup>。为该栋住宅建筑中的小户型。

1.2 用能人员概况

用能人员包括家庭成员 2 人。工作日上班，主要在建筑内活动时间为晚 18：30—早 6：30。

2.3 建筑设备概况

1) 供暖系统。供暖期自 10 月 1 日至次年 5 月 1 日。房间采用低温辐射暖气供暖方式。设计供回水温度 50 ℃/40 ℃。无冷却系统。

(2) 照明及设备。建筑内部各功能区域设置不同的照明灯具（总功率为 74W），办公设备按照卧室 1 台电脑，餐厅炊事设备为家庭常用炊事设备，位于厨房。

1.4 模型搭建

通过测绘，使用 DesignBuilder 软件建立模型。鸡西地区 2022 年室外气象参数如图 1 所示。

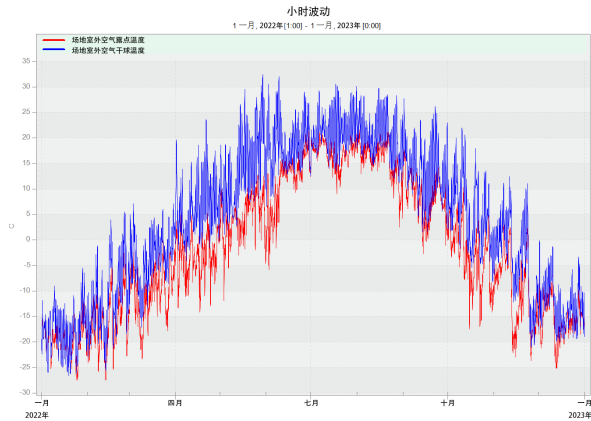


图 1 鸡西地区典型年（2022 年）室外气象参数图  
图片来源：作者根据当地气象数据由 DesignBuilder 生成

1.5 建筑围护结构

围护结构及热工参数。50 厚混凝土板及 50mm 泡沫板保温层外墙传热系数为 2.152 W/(m<sup>2</sup>·K)；中空玻璃玻璃

传热系数为 2.4 W/(m<sup>2</sup>·K)；20 厚楼板传热系数为 4.46 W/(m<sup>2</sup>·K)。

房间功能及边界参数。客厅活动时间为工作日 18：30—22：00，人员密度为 0.0188 人/m<sup>2</sup>，照明面能耗密度为 2.5 W/m<sup>2</sup>（电热转换效率为 0.42）。卧室 1 作息时间为每天 8 h，人员密度为 0.196 人/m<sup>2</sup>，照明能耗密度为 2.5W/m<sup>2</sup>（电热转换效率为 0.42）。厨房活动时间为 6：00~6：30、11：00~12：00 和 18：30~19：00 共 3 个时间段，人员密度为 0.237 人/m<sup>2</sup>，照明能耗密度为 2.5W/m<sup>2</sup>（电热转换效率设为 0.42），设备能耗密度为 30.28W/m<sup>2</sup>。此外，针对卧室 2、阳台、卫生间也进行了相应条件设置。

最终搭建模型如图 2 所示。

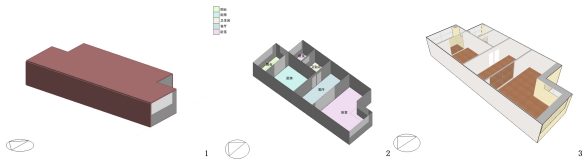


图 2 模拟建筑模型  
1 建筑外部及附模拟周边房间用保温板 2 建筑内部 3 渲染模式效果  
图片来源：作者自绘

2 模拟结果

2.1 模拟结果及验证

该住宅设有 1 块计量电表，2022 年该电表计量电耗总计为 638.5kWh。

实地调研及能耗模拟分析后，该建筑各功能区各类型能耗模拟结果如表 2 所示。除去供暖能量消耗合计 813.19 kWh。与电耗实际计量相比，能耗调研及模拟的结果略大，电耗相对误差为 21.5%。误差可能源于日常居住时间的波动，家电瓦数的误差，假期出门期间能量消耗的减少，以及能耗模拟软件选用鸡西 2022 年室外气象参数与实际室外气象条件的差异。

除室内用电外，室内供暖能量总消耗为 28229.81kWh，是其他用电量的 34 倍。由此可见，由于建筑处于极寒地区，室内供暖为该住宅主要能量消耗来源。因此在后续节能模拟中应多考虑保温方面的节能方式。

表 2 该住宅功能区各类型能耗模拟结果 / (kWh)

项目	客厅	厨房	卧室 1	卧室 2	卫生间
1 照明设备	148.82	136.24	78.30	24.36	42.18
2 其他设备	50.63	285.30	31.83	2.44	13.09
合计	199.45	421.54	110.13	26.8	55.27

2.2 各区区域温度

通过 DesignBuilder 模拟后，各区区域温度模拟结果如图 3 所示。

作者简介：李秦，女，硕士研究生，学生。研究方向：建筑设计理论。  
刘利刚，男，博士研究生，副教授。研究方向：建筑技术。  
通信作者：郑小东，男，博士研究生，教授。研究方向：建筑设计理论。邮箱：zhengxd@bjfu.edu.cn  
作者单位 1. 北京林业大学园林学院

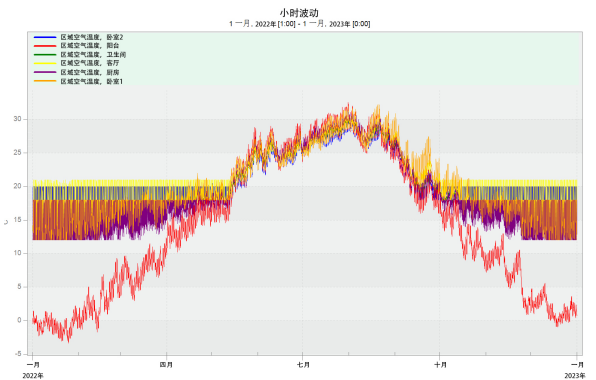


图3 2022 年全年建筑内各区域温度图

图片来源：作者由 DesignBuilder 模拟生成

除阳台区域外，其余房间均有供暖设备，温度保持在设定范围内。黑龙江居民常在冬季用后阳台进行冷冻，此习惯在一定程度上节省了用电同时减少了一部分空间的采暖能耗。

冬季某日和夏季某日各区域变化温度模拟如图 4、5 所示。

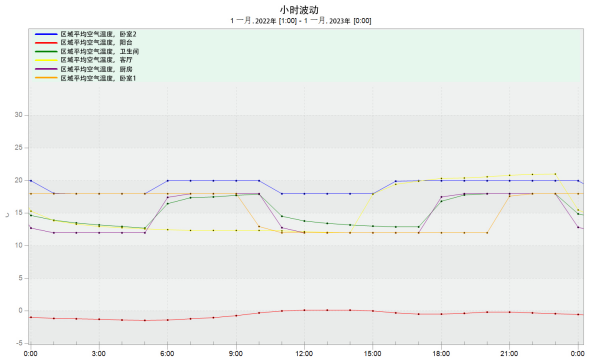


图4 冬季某日建筑内各区域温度图

图片来源：作者由 DesignBuilder 模拟生成

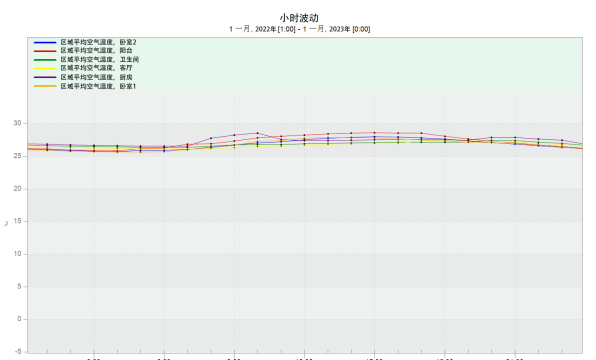


图5 夏季某日建筑内各区域温度图

图片来源：作者由 DesignBuilder 模拟生成

通过温度图可以看出冬季工作日在使用者活动频繁期间房间温度上升，在使用者活动减少时温度呈现下降趋势。夏季市内各区域温度差异较小，由于黑龙江地区夏季

普遍温度较为适宜，故各区域均不需使用空调调节室内温度。

### 3研究结果分析

#### 3.1 与实际耗电对比

模拟用电能耗较实际能耗高 21.5%，由此可以看出该户居民在用电消耗上较为节省，模拟误差一方面来源于小城镇节约的生活习惯，另一方面来源于该地区人们冬季在室外冷冻，节省了一部分冰箱的耗电。此外，人群活动并不像模拟过程中一成不变，出差、探访亲友、度假等活动都会导致房间能耗的减少。加之如今人们生活方式的改变，电视的功能被手机替代，因此在此种生活方式改变的背景下，也节约了大功率电器的电量消耗。如此可以看出，严寒地区人们的现代生活方式有助于日常生活的用电量节省。

#### 3.2 不同节能方式的节能效果分析

通过模拟发现，该住户主要能源消耗集中于供暖，故针对保温采暖方面选取三种不同节能、保温方式，分别为：1) 合理降低室内温度；2) 增厚建筑外墙泡沫板保温层至 100mm；3) 使用保温性能更高的保温窗户。

三种不同方式节能效果模拟结果如表 3 所示。

表 3 三种不同节能方式模拟结果 / (kWh)

节能方式	总能耗	采暖能耗	节约比率
无	29043.06	28229.81	0.00%
降温	28577.96	27764.77	1.65%
增厚保温层	27421.37	26608.18	5.74%
保温玻璃	27503.85	26690.66	5.45%

##### 3.2.1 合理降低房间温度设定值的节能效果分析

理论上，暖气的能耗量大小取决于室外环境温度与设定温度温差<sup>[10]</sup>。因此通过调低冬季室内温度至 16~18℃模拟结果中供暖能耗为 27764.77kWh。共节约能源 465.04kWh，节约率为 1.64%。该方法节能效果较差且降低了人体舒适度，不推荐严寒地区住宅采用该方式进行节能。

##### 3.2.2 提高墙体保温层厚度的节能效果分析

通过增加外保温层至 100mm 进行模拟，模拟结果中供暖能耗为 26608.18kWh，节约能源 913.19 kWh，节约率为 5.74%。该方式节约效果较好。由于集群住宅住户多，一栋楼约 80 户，整体上一个小户型低层住宅楼每年可节约能源 73040kWh，一个 9 栋低层住宅住宅的小区约可节约能源 657360kWh。在严寒地区增厚保温层的方式可较好节约冬季供热能源。

##### 3.2.3 提高窗户保温性能的节能效果分析

通过使用高保温性能的双层玻璃窗进行模拟，模拟结

作者简介：李秦，女，硕士研究生，学生。研究方向：建筑设计理论。

刘利刚，男，博士研究生，副教授。研究方向：建筑技术。

通信作者：郑小东，男，博士研究生，教授。研究方向：建筑设计理论。邮箱：zhengxd@bjfu.edu.cn

作者单位 1. 北京林业大学园林学院

果中供暖能耗为 26690.66kWh, 节约能源 5.45%, 与提高保温层厚度效果相似, 故有相似的节能效果, 但考虑到保温窗造价和保温层造价之间的差异<sup>[11]</sup>, 更高保温性能的窗户造价更高, 故提高保温层厚度的方法更值得推广。

## 4 结论

该严寒地区 2 人住户的电量消耗低于模拟值, 可以得出严寒地区居民由于气候特点及生活习惯, 在电量消耗上较为节省, 能源消耗主要用于黑龙江地区较长冬季的供暖。通过三种不同方式降低采暖能耗得出结论通过提高保温层厚度以及提高窗户保温性能两种方式有相似的节能效果, 考虑到造价在未来的严寒地区住宅建筑建造、更新过程中可考虑增加保温层厚度<sup>[12][13]</sup>。高保温性能的窗户目前推广效果不好主要原因在于其制作精度要求高, 损坏率高、造价高等<sup>[14][15]</sup>。因此, 在未来严寒地区节能推广过程中可优先考虑提高建筑保温层厚度这一方法。目前此种方式主要节约供暖站的能源消耗量, 政府统一更新建筑保温层后可通过供暖站节约的能源得到资金方面的节省<sup>[16]</sup>。

## 参考文献

- [1]. 孙心威. 基于 Design Builder 的严寒地区超低能耗建筑研究[J]. 节能, 2022, 41(08):1-3.
- [2]. 李思奇, 朱能, 张帅. 基于 Design builder 的严寒地区木结构住宅建筑节能设计因素分析[J]. 建筑技术, 2020, 51(03):323-326.
- [3]. 王艺晓, 王月涛, 桑志奇. 基于 Design Builder 模拟下的寒冷地区农村住宅优化布局研究[C]//全国高等学校建筑学专业教育指导委员会建筑数字技术教学工作委员会. 数字技术·建筑全生命周期——2018 年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集. 山东建筑大学建筑与城规学院, 2018:7.
- [4]. Ester Coma Bassas, Joanne Patterson, Phillip Jones, A review of the evolution of green residential architecture, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 125, 2020, 109796, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109796>.
- [5]. 周奇. 北方供暖地区住宅建筑节能改造实施方法研究[D]. 大连理工大学, 2017.
- [6]. 刘育平, 赵宇冰, 鲁培平等. 国网甘肃省电力公司调度通信楼能耗分析[J]. 节能, 2023, 42(08):19-21.
- [7]. 李君, 王旭. 基于 DesignBuilder 的高校教学楼节能和舒适度优化研究[J]. 住宅产业, 2023, (04):27-31.
- [8]. 张甘霖, 张群, 王芳等. 基于 DesignBuilder 的康定农村地区传统民居能耗影响因素研究[J]. 建筑科学, 2019, 35(06):108-115. DOI:10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2019.06.16
- [9]. 李九阳, 陈立, 王振伟等. 基于 DesignBuilder 的长春地区居住建筑能耗主要影响因素研究[J]. 辽宁师专学报(自然科学版), 2023, 25(01):99-103.
- [10]. 王彦韬. 基于被动式理念的山东农村既有农宅绿色化改造适宜技术研究[D]. 山东建筑大学, 2020. DOI:10.27273/d.cnki.gsajc.2020.000603
- [11]. 张占欧, 陈剑飞. 浅析 DesignBuilder 软件在东北严寒地区村镇建筑节能分析中的应用[C]//全国高校建筑学学科专业指导委员会, 全国高校建筑数字技术教学工作委员会. 信息·模型·创作——2016 年全国建筑院系建筑

数字技术教学研讨会论文集. 哈尔滨工业大学建筑学院; 哈尔滨工业大学建筑设计研究院, 2016:7.

[12]. 陈二松. 上海某多功能体育馆空调系统夏季能耗模拟与节能探讨[D]. 哈尔滨工业大学, 2008.

[13]. 胡金鸾. 苏北地区既有农房适宜技术改造设计研究[D]. 中国矿业大学, 2023. DOI:10.27623/d.cnki.gzkyu.2023.002045

[14]. 金鉴. 我国建筑能耗趋势与节能重点分析[J]. 绿色环保建材, 2019, (11):34+37. DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2019.11.023

[15]. 中国建筑能耗研究报告 2020[J]. 建筑节能(中英文), 2021, 49(02):1-6.

[16]. 杨沛毓. 重庆地区居住建筑能耗特性及节能策略研究[D]. 重庆大学, 2021. DOI:10.27670/d.cnki.gcqdu.2021.0027

作者简介: 李秦, 女, 硕士研究生, 学生。研究方向: 建筑设计理论。

刘利刚, 男, 博士研究生, 副教授。研究方向: 建筑技术。

通信作者: 郑小东, 男, 博士研究生, 教授。研究方向: 建筑设计理论。邮箱: zhengxd@bjfu.edu.cn

作者单位 1. 北京林业大学园林学院

