

基于BIM的办公建筑绿建分析与优化设计研究

——以重庆市某办公楼设计为例

周红, 李丹

湖南科技大学建筑与艺术设计学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2024年4月15日; 录用日期: 2024年5月14日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

我国作为一个发展迅速的发展中国家, 建筑业发展迅速, 建筑数量不断增加, 城市化进程也在不断推进, 但同时也面临着建筑能耗总量持续增长挑战。本文结合重庆地区的地域气候特征, 选取重庆市某行政区内拟建的一栋移动通信枢纽大厦作为研究对象, 利用Autodesk Revit软件和斯维尔节能软件, 对办公建筑进行节能分析。通过对采光方面的模拟分析, 发现建筑不满足节能标准的问题, 提出相应的优化方案, 并进行优化前后的能耗对比分析。旨在为绿色办公建筑节能降耗提供分析方法和思路, 为绿色办公建筑优化设计提供参考。

关键词

BIM, 办公建筑, 绿建分析, 优化研究

Analysis and Optimization Design of Office Building Green Construction Based on BIM

—Taking the Design of an Office Building in Chongqing as an Example

Hong Zhou, Dan Li

School of Architecture and Art Design, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Received: Apr. 15th, 2024; accepted: May 14th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

As a rapidly developing developing country, China has witnessed rapid growth in its construction industry, with a continuously increasing number of buildings and advancing urbanization. How-

ever, it also faces the challenge of continuously rising total building energy consumption. This article combines the regional climate characteristics of Chongqing and selects a proposed mobile communication hub building within a certain administrative region of Chongqing as the research object. By utilizing Autodesk Revit software and Sverch software, it conducts an energy-saving analysis on office buildings. Through simulation analysis of day lighting, based on the analysis, it identifies issues where the building fails to meet energy-saving standards and proposes corresponding optimization solutions. It also conducts a comparative analysis of energy consumption before and after optimization. The aim is to provide analysis methods and ideas for energy conservation and reduction in green office buildings, and to provide a reference for the optimized design of green office buildings.

Keywords

BIM, Office Buildings, Green Construction Analysis, Optimization Study

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2021年, 全国房屋建筑全过程能耗总量达到了19.1亿tce, 占全国能源消费总量的36.3% [1]。由此可见, 我国建筑业已成为能源消耗最多的领域之一, 其中公共建筑在四类建筑能耗中占据最高比例。然而, 我国办公类建筑因节能标准较低、节能措施不到位以及节能意识欠缺等因素, 成为了公共建筑中能源消耗最为严重的主体。为了提升建筑能效, 降低能源消耗, 对建筑进行节能优化已成为当前社会亟待解决的重要问题。

本文以重庆市某行政区内拟建的一栋移动通信枢纽大厦为研究对象, 利用BIM技术进行了可视化建模, 并将建筑的多维信息传输至斯维尔系列节能软件中进行节能分析、采光分析以及能耗计算等操作, 从而获取整栋建筑的相关数据。通过深入分析这些数据, 我们可以初步判断建筑是否满足节能标准, 并发现存在的问题, 进而提出相应的解决措施。最后, 对优化前后的建筑进行了能耗对比分析, 以验证优化措施的有效性。

2. 国内外研究

Yuqian Han在《Green building design support system based on BIM and LEED》一文中深入探讨了BIM技术与LEED标准的结合, 在绿色建筑设计的早期阶段辅助设计师和建筑师做出更加精准的决策[2]。同时, 多篇研究论文也集中探讨了BIM技术在节能建筑设计中的广泛应用, 涵盖了能源绩效评估、工业建筑能效分析等关键领域。王莹和邱光瑜的研究进一步揭示了建筑节能设计中存在的挑战, 并强调了BIM技术在节能设计中的显著优势和支持作用[3]。郭玲玲和吕娟则详细归纳了BIM技术在节能设计中对风环境、采光和通风等关键因素的具体应用方法[4]。吕绕英以浙江省东阳市某社区安置点项目为例, 利用BIM技术模型对建筑场地环境进行了风场和光照环境的数值仿真分析, 并提出了窗墙比的优化方案[5]。孙绍雨通过BIM技术建模和绿建分析软件的结合, 对建筑风环境、声环境和室内采光等进行了深入分析, 证明了BIM技术在绿建分析中的重要作用[6]。

综上所述, BIM技术在建筑节能设计中确实发挥着不可或缺的作用。首先, BIM技术能够实现建筑

信息的数字化和集成化。通过三维模型, 设计师可以直观地了解建筑的每一个细节, 包括结构、材料、设备等各方面的信息。其次, BIM 技术能够帮助设计师在建筑节能方面做出更明智的决策。通过对建筑模型的能耗模拟分析, 设计师可以评估不同设计方案的能效表现, 从而选择最优的设计方案。此外, BIM 技术还可以对建筑的采光、通风、保温等性能进行模拟和优化, 进一步提高建筑的能效水平。再者, BIM 技术在绿色建筑设计中也有着广泛的应用。绿色建筑强调与环境的和谐共生, 注重可持续发展。通过 BIM 技术, 设计师可以更好地考虑建筑的环境影响, 优化建筑的布局和形态, 提高建筑的绿色性能。同时, BIM 技术还可以与可再生能源技术相结合, 实现建筑的节能减排。

3. 模型构建

3.1. 项目概况

1) 区位分析

规划用地内规划建设一栋移动通信枢纽大厦, 该项目坐落于重庆市某行政区内, 地理位置优越。南侧及西侧紧邻已建成的写字办公楼, 形成了良好的商务氛围; 北侧则是一片绿意盎然的城市绿地, 为大厦提供了宜人的生态环境; 东侧则紧邻城市支路, 交通便利。

2) 气象条件

温度、湿度、太阳辐射量为气象三要素。重庆位于中国西南部, 属于亚热带季风气候, 年平均气温 $16^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。年平均降水量较丰富, 大部分地区在 $1000\sim 1350$ 毫米, 降水多集中在 $5\sim 9$ 月, 占全年总降水量的 70% 左右。由于地处长江流域, 潮湿的空气经常从江河上空吹来, 使得重庆的湿度较大, 年平均相对湿度多在 $70\%\sim 80\%$ 。太阳辐射对重庆气候也有一定影响。夏季阳光强烈, 紫外线辐射较高, 需要加强防晒措施。冬季阳光较为稀少, 日照时间短, 天气阴沉, 使得气温感觉更加寒冷。[7]

3) 建筑概况

重庆市某行政区内拟建一栋移动通信枢纽大厦, 该大厦总建筑面积达到 11672.06 m^2 , 建筑高度为 27 m , 楼层总数为六层, 其中包括一层地下室。室内外高差设计不小于 0.60 米, 确保了良好的通行与排水条件。大厦采用框架结构, 稳固而安全。平面布局上, 大厦采用了中庭式设计, 南北朝向, 使空间更加通透灵活。建筑形态丰富多样, 不仅满足了各种功能区域的明确划分, 还合理布局了中庭、露台、屋顶花园等设计元素, 使整体设计更加和谐统一。这些设计元素的巧妙结合, 既提升了建筑的美观性, 又增强了其实用性。

3.2. 建筑模型的选取与建立

创建建筑信息模型需要先确定气候、设备、材质等信息, 从而创建模型的信息参数属性, 建立建筑信息实体模型。物理信息、建筑形态、围护结构、气候环境等内容信息都储存在 BIM 模型之中, 建筑性能模拟需要输入特定文件格式, BIM 模型可转化成包含全部信息的文件格式。

本文研究所选取案例对象为夏热冬冷地区的办公楼建筑, 创建的 BIM 模型基本形态如下图 1 所示, 基于 Autodesk 公司开发的 Revit 软件建立三维模型, 建模步骤为创建楼层标高, 绘制标高轴网, 布置基础, 绘制柱、梁、板, 创建楼梯、屋顶、墙体、门窗, 绘制细部构件、附属构件等。建筑各层周边环境无光线遮挡, 内部区域以办公室、休息室、活动室为主, 房间功能相同所设房间面积一致, 办公楼总面积 11672.06 m^2 , 建筑高度为 27 m (见图 2)。模型建立的准确性与房间参数设置的合理性是能耗模拟的关键要素, 为了提高参数化驱动模拟时相关因素分析效率, 选取建筑材料、建筑朝向、建筑体量与窗墙比等参数进行建筑能耗模拟, 分析相关参数是否满足节能要求。

4. 绿建分析

4.1. 设计依据

该建筑设计节能参照标准有《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB55015-2021)、《公共建筑节能(绿色建筑)设计标准》(DBJ50-052-2020)、《绿色建筑评价标准》(GB/T50378-2019)、《民用建筑热工设计规范》(GB50176)、《建筑幕墙、门窗通用技术条件》(GB/T31433)等, 图纸资料有项目总平面图、各层平面图、设计效果图等。

4.2. 节能分析

采用斯维尔节能设计 Beccs2024 进行建筑节能分析, 依次进行节能单体模型的创建、模型检查、空间划分、工程设置等, 对单体模型进行节能计算, 得到建筑节能设计报告书以及建筑围护结构热工性能权衡判断审核表如下表 1、表 2。

4.3. 建筑采光分析

采用斯维尔采光分析 Dali2024 软件进行建筑采光分析。选取《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378-2019) 作为绿建标准, 首先进行采光基础设置, 包括建筑地点、建筑类型等; 不同类型房间对于采光要求存在差异, 对房间类型进行赋予后依次进行门窗类型、遮阳类型等细部设置, 最后对各层进行采光计算, 计算分析分为静态采光计算和动态采光计算, 前者是指建筑内部采光状况在特定时刻的水平(见图 3), 而后者是指建筑内部采光状况随时间的变化情况(见图 4、图 5)。

Table 1. Conclusion of energy-saving analysis
表 1. 节能分析结论

序号	检查项	结论
1	屋顶构造	满足
2	外墙构造	满足
3	挑空楼板构造	满足
4	外窗热工	满足
5	天窗类型	有屋顶透光部分
6	地面构造	满足
7	地下室外墙构造	满足
8	外窗气密性	满足
9	幕墙气密性	满足
10	非中空窗面积比	满足
11	空调与非空调隔墙	满足
12	可见光透射比	满足
	结论	满足

Table 2. Review form for trade-off judgment of thermal performance of building envelope
表 2. 围护结构热工性能权衡判断审核表

围护结构部分			设计建筑		参照建筑		是否符合标准规定的限值
外窗朝向	立面	窗墙比	传热系数 W/(m ² ·K)	太阳得热系数 SHGC	传热系数 W/(m ² ·K)	太阳得热系数 SHGC	
东向	立面 1	0.11	3.5	0.65	3.5	0.65	满足
南向	立面 2	0.35	2.9	0.43	3	0.44	满足
西向	立面 3	0.14	3.48	0.65	3.5	0.65	满足
北向	立面 4	0.3	3.5	0.65	3.5	0.65	满足
屋顶透光部分			2.5	0.3	2.6	0.3	满足
屋面			0.48	-	0.5	-	满足
外墙(包括非透光幕墙)			0.75	-	0.8	-	满足
底面接触室外空气的架空或外挑楼板			0.7	-	0.7	-	满足
非供暖房间与供暖房间的隔墙与楼板			1.93	-	1.93	-	满足

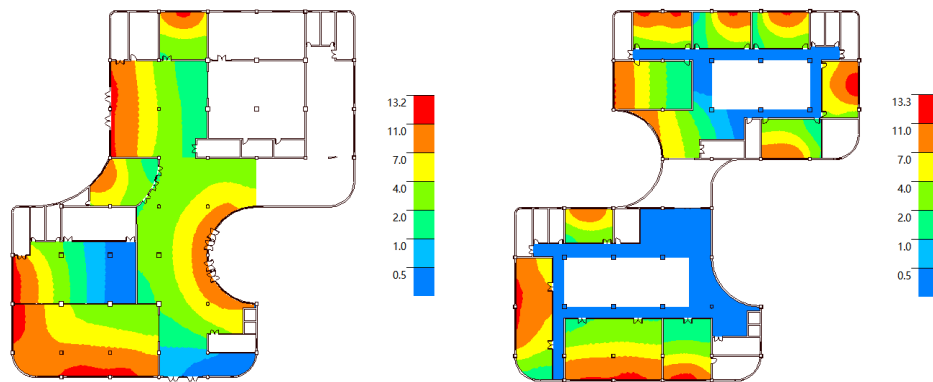


Figure 3. Analysis of static daylighting in the first floor and intermediate floor
图 3. 首层及中间层静态采光分析

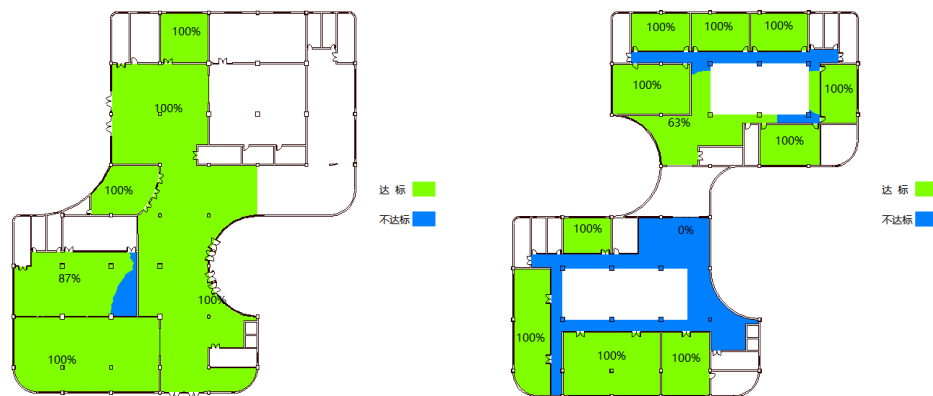


Figure 4. Analysis of daylighting compliance in the first floor and intermediate floor
图 4. 首层及中间层采光达标分析

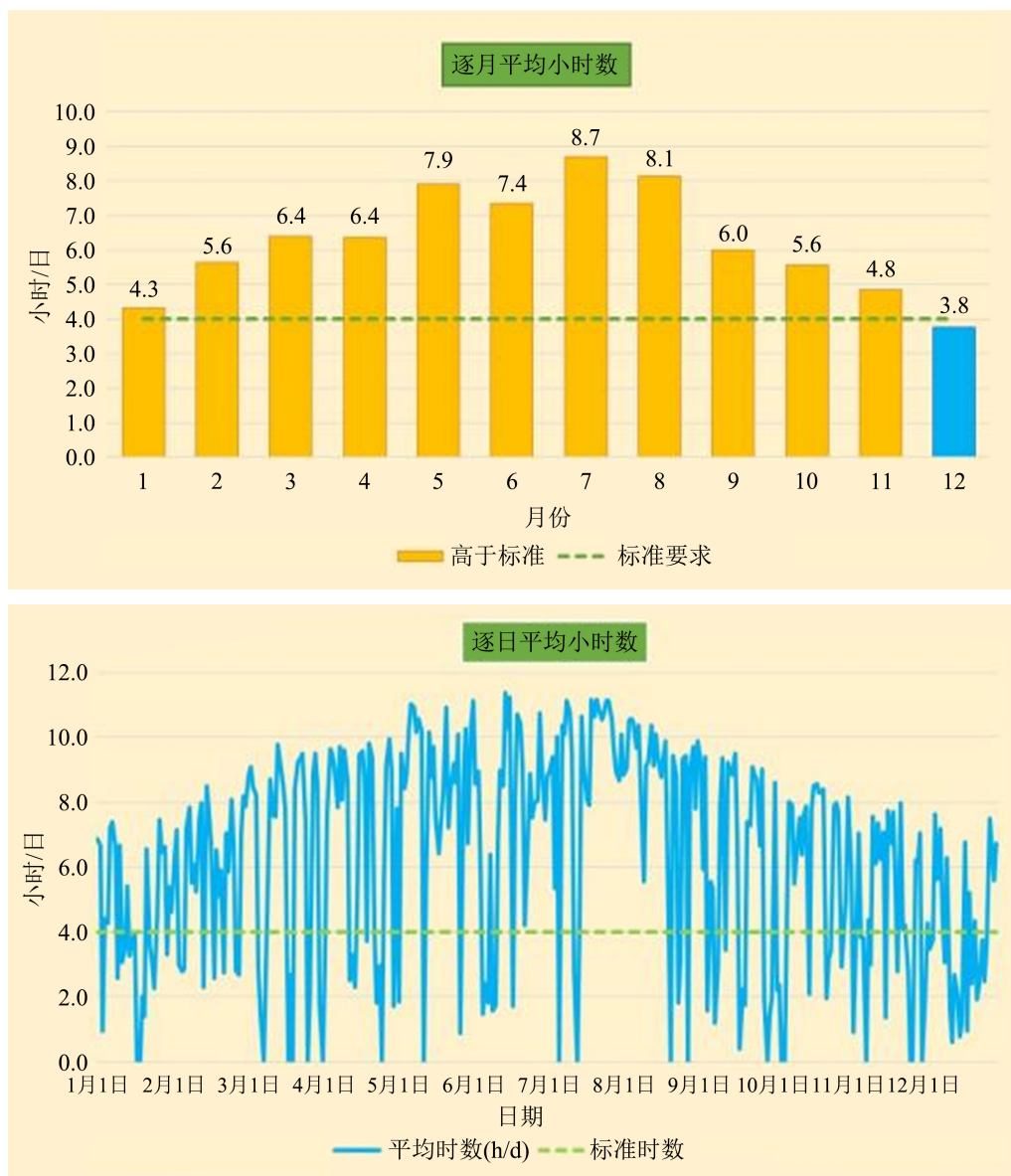


Figure 5. Dynamic daylighting analysis
图 5. 动态采光分析

5. 问题分析与优化策略

经过对建筑进行的节能和采光分析, 虽然该建筑在各方面均满足标准要求, 但仍然存在可以进一步改进和优化的空间。由于其使用幕墙和玻璃窗户较多, 能耗可能会显著上升; 同时, 该建筑围护结构的热工性能也有待提高。在采光分析中, 部分房间出现过亮的情况, 而部分房间在冬季采光不足, 对此也需要提出相应的改造措施。

1) 优化围护结构

① 外墙作为建筑围护结构的重要组成部分, 其保温隔热性能对整个建筑的节能特性具有显著影响。选择高效的保温隔热材料, 并进行科学的外墙隔热设计, 对于降低建筑能耗至关重要。常用的隔热材料包括聚苯板、岩棉、玻璃棉等[8]。通过在外墙内侧或外侧添加这些隔热材料, 可以有效降低建筑外墙的

热传导, 减少室内外温差, 进而减少供暖和制冷所需的能耗。

② 门窗是建筑围护结构中保温性能较弱的环节。从建筑能耗组成的分析来看, 通过房屋外窗损失的能量相当严重, 门窗热量损失约占围护结构总热量损失的 40% [9]。因此, 在节能优化设计时, 必须加强对门窗体系的节能设计。随着新型材料的发展, 使用节能材料可以显著提升门窗的节能效果。同时, 选择玻璃时应根据不同地区的特征, 选择适宜的传热系数和遮阳系数的玻璃。此外, 确保门窗的气密性也至关重要, 气密性等级越高, 热量损失就越少, 对室内温度的影响也越小。

③ 屋顶是围护结构节能设计中容易被忽视的部分。屋顶的面积大小和所选用的构筑材料都会影响其能耗损失程度。为了提高屋面的保温性能以满足新标准的要求, 必须对屋顶进行保温节能设计。在节能屋顶设计中, 若采用平顶屋, 应使用各种新型保温材料构建高效节能、经济适用的新型节能屋面体系, 如采用高效保温材料的保温屋面或结构与保温合一的复合节能屋面板等。此外, 提倡在节能屋顶设计中采用屋顶绿化和屋顶花园等做法。

2) 优化遮阳体系

遮阳体系的主要功能是反射和吸收太阳辐射, 降低太阳辐射对室内环境的影响, 从而减少夏季空调的能耗。同时, 它还能在一定程度上避免过强的阳光直射室内, 造成眩光而影响人的视觉舒适。遮阳体系的合理设计是改善夏季室内热舒适状况和降低建筑能耗的关键因素。根据当地气候和建筑特点, 选择适合的遮阳设施, 如百叶窗、遮阳板、窗帘等。通过合理设计窗墙比、选用合适的玻璃材质, 如中空玻璃、Low-E 玻璃、真空玻璃或气凝胶玻璃等高性能玻璃、提升门窗性能以及构建有效的遮阳设施等, 可以显著增强建筑的节能效果, 降低建筑能耗。

3) 利用可再生能源

建筑中通过可再生能源的利用, 可以满足整栋建筑每年的电力需求。可以利用自然能源如风能或太阳能进行发电。例如, 在建筑外表面安装太阳能板, 有助于将太阳能转换为电能供整栋建筑使用。这种方式对于降低建筑能耗具有至关重要的作用。

6. 优化前后建筑能耗分析

采用斯维尔能耗计算 BES12024 软件进行建筑能耗分析; 首先进行工程设置以及气象参数的设置, 其次, 不同类型房间, 对于房间舒适度要求不同, 对于房间类型进行分类赋予。最后, 通过设置房间基本参数, 冷源、热源机房等设置后, 计算出全年供暖和空调总耗电量, 从而反映出建筑能耗多少。通过以上改造方案对建筑进行优化设计, 再分别对优化前后的建筑单体模型进行能耗计算, 并对优化前后的全年供暖空调总耗电量进行对比分析, 分析结果如下表。与原设计建筑相比, 优化节能设计之后建筑全年供暖和空调总耗电量下降了 0.44 kWh/m²。节能效果明显(见表 3)。

Table 3. Comparative analysis of the total electricity consumption for heating and air conditioning throughout the year before and after optimization

表 3. 优化前后的全年供暖空调总耗电量对比分析

	设计建筑	参照建筑	优化后建筑
全年供暖和空调总耗电量(kWh/m ²)	20.01	19.67	19.57
供冷耗电量	11.5	11.48	11.61
供热耗电量	8.51	8.19	7.96
标准依据	重庆市《公共建筑节能(绿色建筑)设计标准》DBJ50-052-2020 第 4.2.22 条		

7. 结语

本文利用 BIM 及斯维尔节能软件对高层办公建筑进行节能分析, 并通过采光方面的模拟分析, 对发现建筑不满足节能标准和存在的问题提出优化方案如下: ① 优化围护结构; ② 优化节能体系节能设计; ③ 利用可再生能源, 并进行优化前后的能耗对比分析, 得出结论, 通过实施这些优化策略, 可以有效减少高层办公建筑的能源消耗, 促进可持续发展。希望能为绿色办公建筑节能减耗提供分析方法和思路, 为绿色办公建筑优化设计提供参考。

致谢

首先, 我要衷心感谢我的导师李丹老师。在论文的选题、构思、撰写和修改过程中, 李丹老师都给予了我悉心的指导和宝贵的建议。老师严谨的学术态度、深厚的专业知识以及无私的奉献精神, 都深深地影响了我, 使我受益匪浅。

同时, 我要感谢工作室的同学们, 他们在论文的数据收集、实验操作和结果分析等方面给予了我很大的帮助。我们共同探讨问题、分享经验, 使我在研究过程中少走了很多弯路。

在此, 我再次向所有给予我帮助和支持的人表示衷心的感谢!

基金项目

湖南省哲学社会科学规划基金青年项目(21YBQ059); 2023 年湖南省大学生创新创业训练计划项目(S202310534014); 湖南科技大学 2023 年度大学生科研创新计划项目(SRIP)(YZ2345)。

参考文献

- [1] 中国建筑能耗与碳排放研究报告(2023 年)[J]. 建筑, 2024(2): 46-59.
- [2] Han, Y.Q., Motamedi, A., Yabuki, N. and Fukuda, T. (2017) Green Building Design Support System Based on BIM and LEEDI. *Automation in Construction*, 2, 217-224.
- [3] 王莹. 基于 BIM 技术的建筑节能设计研究[J]. 决策探索(中), 2020(6): 45.
- [4] 郭玲玲, 吕娟. 基于 BIM 技术的建筑节能设计[J]. 科学技术与创新, 2019(33): 122-123.
- [5] 吕绕英. 基于 BIM 技术的绿色建筑性能分析与优化方法研究[J]. 广东建材, 2023, 39(5): 91-94.
- [6] 孙绍雨. 基于 BIM 技术的绿色建筑环境分析研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 山东科技大学, 2020.
- [7] 周杰, 刘晓冉, 朱浩楠, 等. 气候变化对重庆地区建筑节能设计气象参数的影响[J]. 气象与环境科学, 2020, 43(4): 88-96. <https://doi.org/10.16765/j.cnki.1673-7148.2020.04.012>
- [8] 杨富强. 建筑墙体节能及保温材料的应用[J]. 居舍, 2024(10): 66-68.
- [9] 阎奕岑. 绿色建筑体系下的公共建筑围护结构节能及优化组合研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2017.