

# 不同类型的玻璃幕墙能耗影响分析研究

## Analysis and Research on the Influence of Different Types of Glass Curtain Walls on Energy Consumption of High-rise Buildings

徐浩, 胡锦涛, 曾小华, 石林, 朱亮亮

(中建八局发展建设有限公司, 山东 青岛 266000)

**摘要:** 针对不同类型玻璃幕墙能耗影响不确定、研究困难等问题, 利用 Revit 软件构建高层建筑模型, 选取 6 种玻璃幕墙为研究对象, 采用度日能耗分析法进行能耗分析, 结合有效传热系数法验证结果。通过求解离散数据微分方程获取加权系数, 进行动态能耗分析, 并引入热平衡法进行二次验证。结果表明: 单层玻璃幕墙能耗普遍高于双层玻璃幕墙能耗, 相较之下年静态能耗约高出 29%, 冬季静态能耗约高出 22%, 夏季静态能耗约高出 24%; 单层玻璃幕墙中浮法玻璃幕墙的节能效果最好, 相应的浮法玻璃 + 浮法玻璃组合的双层玻璃幕墙节能效果最好。

**关键词:** 玻璃幕墙; 高层建筑能耗; 能耗分析

中图分类号: TU56 + 4.5

文献标志码: A

文章编号: 1005-8249 (2024) 05-0130-05

DOI:10.19860/j.cnki.issn1005-8249.2024.05.024

XU Hao, HU Jinliang, ZENG Xiaohua, SHI Lin, ZHU Liangliang

(China Construction Eighth Engineering Bureau Development and Construction Co., Ltd., Qingdao 266000, China)

**Abstract:** In response to the uncertainty and research difficulties in the energy consumption impact of different types of glass curtain walls, a high-rise building model was constructed using Revit software. Six types of glass curtain walls were selected as the research objects, and the daily energy consumption analysis method was used for energy consumption analysis. The results were verified by combining the effective heat transfer coefficient method. By solving discrete data differential equations to obtain weighting coefficients, dynamic energy consumption analysis is conducted, and the thermal equilibrium method is introduced for secondary verification. The results show that the energy consumption under single-layer glass curtain walls is generally higher than that under double-layer glass curtain walls. In comparison, the annual static energy consumption is about 29% higher, the winter static energy consumption is about 22% higher, and the summer static energy consumption is about 24% higher. The energy-saving effect of float glass curtain walls is the best in single-layer glass curtain walls, and the corresponding double-layer glass curtain wall with a combination of float glass and float glass has the best energy-saving effect.

**Keywords:** glass curtain wall; energy consumption of high-rise buildings; energy consumption analysis

## 0 引言

我国建筑业正逐渐向着智能化、绿色化方向发展, 高能耗建筑在建筑工程中的比例也在逐渐增加, 玻璃幕墙是目前高层建筑常采用的围护结构之一, 其独特的建筑美学效果使其被广泛应用, 但大面积玻璃幕墙增加了建筑的能耗, 在倡导建筑节能的新

时代下,针对不同类型玻璃幕墙对高层建筑能耗影响分析具有极其重要的意义。

在当代城市化进程中,高层建筑作为城市天际线的重要组成部分,不仅承载着居住、办公、商业等多种功能,还日益成为展示城市现代化水平和绿色可持续发展理念的重要窗口。随着技术的进步和环保意识的增强,如何在保证建筑美观与功能性的同时,有效降低能耗,实现绿色建筑目标,成为了建筑行业亟待解决的关键问题。然而,玻璃幕墙也是建筑能耗的主要来源之一,为深入研究不同类型玻璃幕墙对高层建筑能耗影响问题,同时考虑实验模拟的科学性和合理性,以 BIM 技术为基础,采用 BIM 应用软件中的 Revit 软件构建高层建筑模型,其建模优势在于具有三维空间关系,能够将高层建筑的特性和具体结构间的逻辑关系放到模拟软件体系中,良好的数据交换模式使其具有较强扩展性,支持 DXF、gbXML 等格式文件的数据导入,可以任意修改建筑结构的相应参数<sup>[1-2]</sup>。

胡楠<sup>[3]</sup>提出的基于光折射率的玻璃幕墙能耗分析法,采用热舒适场研究建筑能耗变化,探讨了不同光折射率玻璃幕墙对高层建筑的能耗影响,研究过程复杂,耗时较高,数据采集复杂,导致最后研究结果准确性较低;魏明宇等<sup>[4]</sup>采用文献对比法和理论分析,对单层玻璃幕墙和双层玻璃幕墙的结构特性进行分析,研究了不同材质玻璃幕墙透光率对建筑能耗的影响,但针对能耗影响因素的分析不够全面,研究结果缺乏一定的可靠性;任重翠等<sup>[5]</sup>采用 eQUEST 能耗模拟软件计算了不同类型玻璃幕墙下的建筑负荷及能耗,但由于为引入气象以及环境等关键影响因素,实验模拟结果与实际应用结果相差较大。

虽然国内对于玻璃幕墙能耗分析已有一些研究,但普遍存在研究过程复杂、耗时较高、数据采集复杂、分析结果准确性较低、未充分考虑气象及环境等关键影响因素。因此,提出以 Revit 软件为工具,对不同类型玻璃幕墙下高层建筑的能耗状况进行模拟和分析的方法,具有更高的准确性和可靠性,为高层建筑节能设计提供技术理论依据。

## 1 模型建立

为便于数据分析和参数设置,在模型中构建了

Ecotect 模拟数据分析模块,该模块实现了对气象参数和结构参数的精准导入与整合,从而确保了模拟数据分析项目的顺利执行与深度挖掘。

### 1.1 设计参数确定

#### 1.1.1 建筑外参数设计

高层建筑外的气象变化对建筑内的热环境变化具有较大影响,高层建筑外的气象变化具有随机性和不可控性,为模拟真实的室外环境变化,在 Revit 软件基础上,引用 IWEC 气象数据进行模拟,参考年平均气象数据,模拟各月份最接近实际情况的气象变化<sup>[6-8]</sup>。

#### 1.1.2 建筑内参数设计

将所模拟的高层建筑模型视为民用建筑,参考国内多个民用高层建筑的调查结果,高层建筑模拟模型的采暖通风以及空气调节参数的设定依据于 GB 55031—2022《民用建筑室内设计规范》进行调整,模拟中选定的春夏秋冬四季的平均室内温度分别为 24、26、24、20℃。

### 1.2 模拟不同类型玻璃幕墙的选择

玻璃幕墙可分为单层玻璃幕墙和双层玻璃幕墙两类,通过采集幕墙生产参数,对比不同类型玻璃幕墙的性能参数,发现单、双层玻璃幕墙的太阳能折射率相差较大,且同层数玻璃幕墙的参数也相差较大,其参数区别取决于玻璃幕墙所采用的玻璃类型,选择单、双层玻璃幕墙中应用最为广泛的玻璃幕墙作为模拟实验对象,分析其对高层建筑能耗影响,玻璃幕墙的具体参数见表 1。

表 1 玻璃幕墙参数表

Table 1 Parameters of glass curtain wall

| 序号  | 类别        | 厚度/mm       | 太阳能透射率 |
|-----|-----------|-------------|--------|
| 单 1 | 浮法玻璃      | 6           | 0.375  |
| 单 2 | 热反射玻璃     | 6           | 0.480  |
| 单 3 | 吸热玻璃      | 6           | 0.487  |
| 双 1 | 单 1 + 单 1 | 6 + 13A + 6 | 0.284  |
| 双 2 | 单 1 + 单 2 | 6 + 13A + 6 | 0.373  |
| 双 3 | 单 2 + 单 3 | 6 + 13A + 6 | 0.505  |

注:13A 表示中空玻璃中间空气层 (Air) 的厚度为 13 mm。

## 2 高层建筑能耗分析

### 2.1 静态能耗分析

静态能耗分析是了解高层建筑总体能耗的有效手段,尤其适用于无需关注能耗动态变化的场所。

## 建筑节能

为保证能耗分析的准确性,采用组合分析方式,即以度日能耗分析法为主、有效传热系数法为辅,对高层建筑模拟模型的静态能耗进行分析和计算。由于度日能耗分析法与玻璃幕墙类型、高层建筑构造、幕墙朝向等多种因素密切相关,因此在对高层建筑进行能耗分析时,主要依赖度日能耗分析法,同时辅以必要的分析手段,以确保分析结果的合理性和可靠性。

度日能耗分析法的优势在于能够快速估算高层建筑的静态能耗,采用度日数衡量高层建筑在一段时间内所需冷热能量的值。在数学分析上,度日数等于某一段时间内高出或低于某一标准温度值的平均温度总和。由于高层建筑的传热系数受外界环境干扰,其数值处于动态变化状态<sup>[9-10]</sup>。且在不同季节、不同方向,高层建筑的玻璃幕墙所受到的辐射不同,造成玻璃幕墙两侧的传热量不同,由传热量差值折算出的有效传热系数能够计算高层建筑的耗热量。

### 2.2 动态能耗分析

动态能耗分析能够观测玻璃幕墙高层建筑的逐时能耗变化以及负荷变换,而静态能耗分析法概念中,建筑的热量等于其负荷。但实际中,由于高层建筑内的热量和负荷由玻璃幕墙的热工特性和建筑整体的得热量共同决定,因此其数值在随时变化,且玻璃幕墙通常具有一定的蓄热性,导致玻璃幕墙的传热具有不稳定性。因此相较于静态能耗分析法,动态能耗分析法能够综合考虑建筑内的不确定因素<sup>[11-13]</sup>。

为此,采用加权系数法的动态能耗分析法为主、热平衡法的动态能耗分析法为辅的研究方式对高层建筑模拟模型的动态能耗进行分析和计算。

加权系数法的动态能耗分析法是一种计算较为简单的算法,高层建筑室内在某一温度下的得热取决于建筑结构、环境参数以及室内负荷等参数,通过计算高层建筑室内的得热量,不仅可以了解室内空气系统的动态变化,还可以检测室内的空气温度以及室内的散热率。加权系数法中加权数来自离散数据的微分方程,通过求解微分方程获取传递函数,从而推导出加权数。

加权系数法的动态能耗分析法在计算过程中提出了两个假设:高层建筑模型中玻璃幕墙的传热过程是线性的,且影响加权数的模拟参数是定值,不

受其他影响而变化。

相较于加权系数法,热平衡法的动态能耗分析法计算过程更为复杂,计算次数较多,因此将其作为辅助分析法对加权系数法的动态能耗分析法的分析结果进行验证<sup>[14-15]</sup>。

热平衡法的动态能耗分析法的计算过程也提出了一个基本假设,即高层建筑模型热分区内的温度值是一致的,即各个分区不存在温度差异。

### 3 不同类型玻璃幕墙对高层建筑能耗影响的分析

选取三种单层玻璃幕墙和三种双层玻璃幕墙为研究对象,设置相同的室内和室外参数,采用静态能耗分析法和动态能耗分析法,分析6种玻璃幕墙在一年内对高层建筑能耗影响。

#### 3.1 静态能耗分析

不同玻璃幕墙情况下的高层建筑全年总能耗如图1所示。

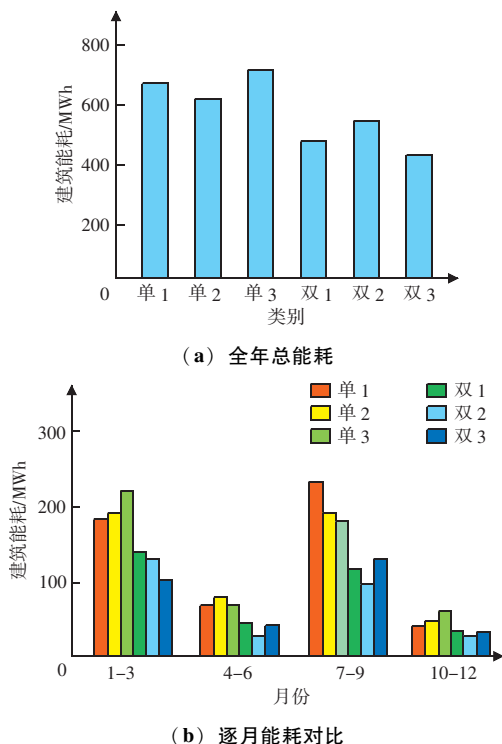


图1 不同玻璃幕墙情况下的高层建筑全年总能耗  
Fig.1 Annual total energy consumption of high-rise buildings under different glass curtain walls

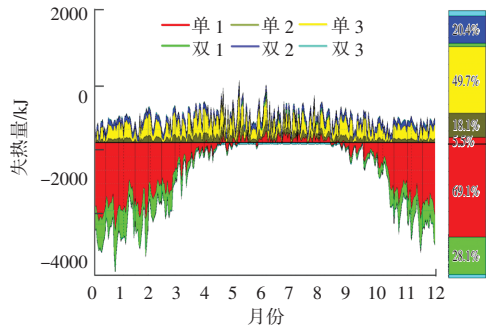
不同类型的单层玻璃幕墙或双层玻璃幕墙间的总能耗区别较小,3种单层玻璃幕墙的平均总能耗为670 MWh,3种双层玻璃幕墙的平均总能耗为

471 MWh。相较于单层玻璃幕墙，对同一个高层建筑，采用双层玻璃幕墙建筑总能耗减少 29%。

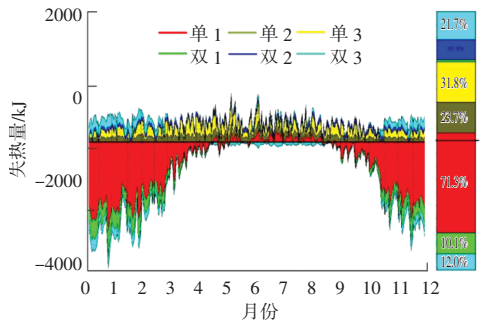
在春秋两季，高层建筑的能耗较少，而在夏季和冬季，建筑能耗大幅上升。在冬季，3 种单层玻璃幕墙平均建筑能耗为 310 MWh，3 种双层玻璃幕墙平均建筑能耗为 253 MWh。相比之下，冬季采用单层玻璃幕墙，建筑能耗约增加 22%；在夏季，3 种单层玻璃幕墙平均建筑能耗为 260 MWh，3 种双层玻璃幕墙平均建筑能耗约 180 MWh，夏季采用单层玻璃幕墙，建筑能耗将增加 24%。原因在于，双层幕墙对室内外传热的抑制能力强，相应其保温效果更好，使其整体能耗较低。

### 3.2 动态能耗分析结果

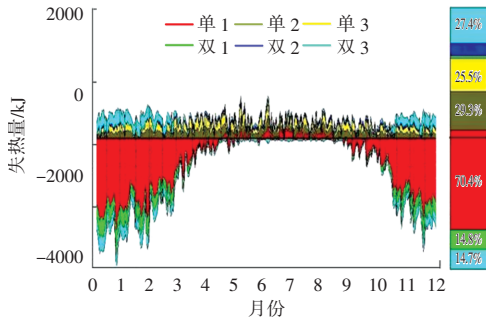
模拟不同类型玻璃幕墙在东、南、西、北四个朝向对高层建筑的影响情况，分析结果如图 2 所示。



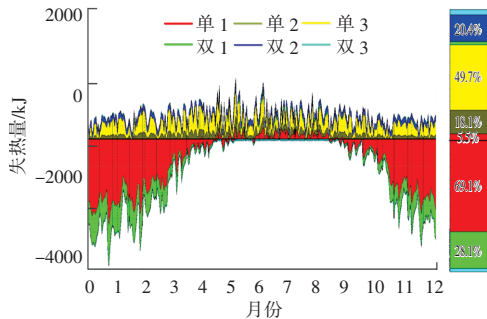
(a) 朝东



(b) 朝南



(c) 朝西



(d) 朝北

图 2 玻璃幕墙朝东、南、西、北高层建筑全年能耗分析

Fig. 2 Analysis of annual energy consumption of high-rise buildings with glass curtain wall facing east, south, west and north

综合四个朝向 6 种玻璃幕墙对高层建筑的影响情况看，单层幕墙的总体失热量较双层玻璃幕墙的总体失热量较高，整体平均失热量约高于 26%。在单层玻璃幕墙中，吸热玻璃幕墙的失热量最高，对应建筑能耗最大，浮法玻璃幕墙和热反射玻璃幕墙对建筑能耗影响相近。而在双层玻璃幕墙中，浮法玻璃 + 浮法玻璃组合的节能效果最好，对应建筑能耗最小，浮法玻璃 + 热反射玻璃组合下的建筑能耗位居其次，热反射玻璃 + 吸热玻璃组合下的建筑能耗最高。

## 4 结论

通过构建高层建筑模型，深入分析了不同类型玻璃幕墙对高层建筑能耗影响，得到了以下主要结论：

(1) 不同类型的玻璃幕墙对建筑能耗具有显著影响，且这一影响在全年、冬季及夏季等不同季节条件下表现出不同的特征。

(2) 采用度日能耗分析法为主，加权系数法和热平衡法为辅的动态能耗分析方法，不仅提高了能耗预测的精度，还增强了研究结果的可靠性和实用性。

(3) 相较于单层玻璃幕墙，双层玻璃幕墙情况下浮法玻璃 + 浮法玻璃组合的建筑能耗量最小。

## 参 考 文 献

- [1] 刘少亮. 线性热桥对超低能耗建筑和传统节能建筑的热工影响对比分析 [J]. 建筑技术, 2021, 52 (4): 396-399.
- [2] 邱越, 王景刚, 韩士勇, 等. 燃气吸收式空气源热泵运行性能与经济性分析——以石家庄某小区为例 [J]. 建筑节能, 2021, 49 (10): 76-81.
- [3] 胡楠. 基于绿色节能技术在公共建筑玻璃幕墙设计中的应用研究 [J]. 环境科学与管理, 2021, 46 (9): 26-29.
- [4] 魏明宇, 张元植, 余少乐, 等. 基于振动测试的半隐框结构双

## 建筑节能

- 层中空玻璃幕墙边界松弛试验研究 [J]. 建筑结构, 2021, 51 (23): 54-60.
- [5] 任重翠, 刘军进, 李建辉, 等. 风荷载与地震耦合作用下超高层建筑的结构损伤与玻璃幕墙坠落研究 [J]. 建筑结构学报, 2022, 43 (10): 129-140.
- [6] 陈敬申, 苏伟锋, 欧伟强, 等. 建筑幕墙上玻璃风化的分析与对策 [J]. 新型建筑材料, 2022, 49 (12): 84-87.
- [7] 任重翠, 李建辉, 唐意, 等. 风震耦合作用下高层建筑主体结构和玻璃幕墙的性能研究 [J]. 工程力学, 2022, 39 (7): 58-69.
- [8] 田靖, 郝翠彩, 崔佳豪, 等. 超低能耗建筑不同外墙保温构造基于软件模拟的热工影响分析 [J]. 粉煤灰综合利用, 2021, 35 (6): 90-97, 120.
- [9] 聂子川, 赵立华, 陈柯颖, 等. 广州地区高层办公建筑外窗自适应策略节能效果研究 [J]. 建筑科学, 2022, 38 (12): 160-166.
- [10] 种迅, 李一松, 蒋庆, 等. 某塔楼玻璃幕墙结构模型试验研究及有限元分析 [J]. 建筑结构, 2021, 51 (3): 71-76.
- [11] 郑恒, 张喜臣, 王洪涛, 等. 基于原点频响函数的建筑玻璃幕墙粘接结构损伤检测 [J]. 振动与冲击, 2021, 40 (13): 289-298.
- [12] 张元植, 魏明宇, 黄友帮, 等. 玻璃幕墙振动测试法现场试验研究与数值分析 [J]. 四川建筑科学研究, 2021, 47 (1): 16-23.
- [13] 欧雪梅, 王亮, 王曦, 等. 基于灰色关联-聚类分析的办公建筑分类与能耗基准线研究 [J]. 制冷与空调 (四川), 2021, 35 (3): 389-394, 460.
- [14] 张昊, 陈景衡, 武玉艳. 拉萨地区住宅建筑群布局模式对建筑能耗影响关系研究 [J]. 西安建筑科技大学学报 (自然科学版), 2021, 53 (2): 289-294.
- [15] 姜之点, 杨峰. 街区尺度城市形态因子对建筑能耗影响的模拟研究 [J]. 建筑科学, 2022, 38 (6): 140-149.

## 欢迎订阅 2025 年《混凝土与水泥制品》杂志

(国内外公开发行人 邮发代号: 28-80)

《混凝土与水泥制品》杂志是由苏州混凝土水泥制品研究院与中国混凝土与水泥制品协会 (CCPA) 共同主办的全国建筑科学类期刊、CACJ 中国应用型权威期刊、RCCSE 中国核心学术期刊。自 1974 年创刊以来, 深受广大读者的欢迎。

《混凝土与水泥制品》杂志专业报道国内外混凝土与水泥制品行业的生产 (施工)、应用、科研、设计、教学及企业管理等方面的新成果、新技术、新产品和最新发展动态。辟有“专家论坛”“混凝土研究”“水泥混凝土制品”“纤维水泥及制品”“房建材料及制品”“节能降碳”“检测及试验方法研究”“施工技术研究”“标准解读”“技术装备”等栏目。

《混凝土与水泥制品》杂志为月刊。国内统一连续出版物号: CN32-1173/TU; 国际标准连续出版物号 ISSN 1000-4637。标准大 16 开, 每月 20 日出版, 全年 12 期, 每期定价 15 元, 全年定价 180 元 (含平邮邮费)。欢迎广大读者向各地邮局订阅, 也可扫码订购。另, 本刊承接各类广告业务, 线上、线下皆可, 欢迎来电。

地址: 江苏省苏州市三香路 718 号

电话: 0512-68285716/68285949

E-mail: scepitg@126.com

网址: www.sccpi.cn

邮编: 215004



微信公众号 扫码订购杂志