

自然室温参数驱动下的 BIM 建筑设计研究

杨美媛, 秦以鹏, 张伟捷

(河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 在 BIM 平台上利用 Dest 软件对模型建筑的自然室温进行模拟, 引入正交试验的结构体系, 建立自然室温参数与建筑设计要素参数之间的数据通道。通过自然室温的优化和选取, 驱动和指导建筑设计要素参数的优化和选取, 根据多种方案设计模拟得出夏季逐时自然室温及空调冷负荷的变化趋势, 并得出自然室温下最优的建筑设计方案。

关键词: 建筑设计; BIM; 参数驱动; 自然室温; 正交实验

中图分类号: TU831

文献标识码: A

Research on BIM architectural design driven by the natural room temperature parameter

YANG Mei-yuan, QIN Yi-peng, ZHANG Wei-jie

(College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: Natural room temperature of model building has been simulated by Dest software on BIM platform. Orthogonal experiment method is introduced, and data channels between the natural room temperature parameters and architectural design parameters are established. Selection and optimization of architectural design parameters can be accomplished based on natural room temperature parameters on the purpose of making the objective building energy efficient. Corresponding building cooling load can be calculated based on the simulated hourly natural room temperature.

Key words: architectural design; BIM; parameter-driven; natural room temperature; orthogonal experiment

随着经济与建筑业的快速发展, 给建筑等行业既带来高速发展的机遇, 也带来巨大的挑战。面对日益复杂的建筑项目、激烈的市场竞争以及对工程质量要求越来越高等问题, 全面应用 BIM 技术将显著提高工程项目设计、施工、运营全生命周期的质量及效率, 降低成本, 提升集成化程度, 并产生巨大的经济和社会效益^[1]。建筑室内环境参数不仅对人的热舒适性的感受产生影响, 而且与建筑能耗的大小直接关系。在建筑设计的方案阶段, 研究和确定建筑室内环境参数(譬如自然室温)与建筑设计要素之间的关系, 在室内环境参数的指导和制约下, 及时调整建筑设计要素的设置, 对建筑本体的节能设计意义重大^[2]。

为了说明建筑环境参数(自然室温)驱动下的 BIM 建筑优化设计的研究思路和实施方法, 本文结合一个方案阶段设计的模型示例加以说明。

1.1 模型建立

本文利用 BIM 软件 Revit MEP 中建立的模型建筑如图 1 所示, 建筑物为南北朝向, 地点为北京市, 总建筑面积为 500 m²。选取三层办公楼中的顶层南向最西端的一个房间为研究对象。

1.2 设定参数

建筑地理位置气象参数: 经度: 东经 116.3 度; 纬度: 北纬 39.8 度。

收稿日期: 2014-11-03

作者简介: 杨美媛(1989-), 女, 河北迁安市人, 硕士研究生, 从事建筑及建筑设备系统节能研究。

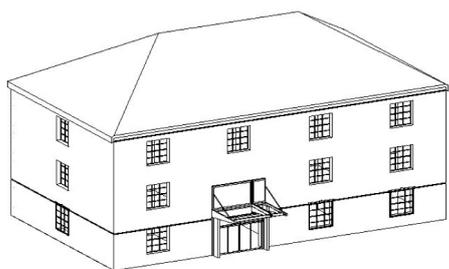


图1 北京市某办公楼

Fig.1 An office building in Beijing

室外气象参数: 室外气象计算参数采用了北京地区典型气象年的室外气象参数。根据建筑热工分区, 北京市属于寒冷地区。夏季空调室外计算干球温度: 33.2°C ; 夏季空调室外计算湿球温度: 26.4°C 。

利用 Dest 模拟时间为夏季设计日(7月4日) 14:00 (7月4日为夏季空调设计日, 14:00 为一天中室外温度较高的时刻, 即室内外温差对建筑物的作用较明显的时刻) 将其部分模拟结果作为边界条件^[3] (气象参数来源于 Dest 所带的气象数据库)。

室内热源。设备及照明发热量: 电脑为 70 W/台; 电灯为 15 W/盏。人员散热量: 室内人员活动强度参考办公室打字人员, 按每人 60 W。由于本文设定室内人数不多, 潜热忽略不计。

本文暂不考虑机械通风对室内自然室温的影响。

2 正交试验

试验目的: 本文的试验是为了找到影响自然室温的建筑设计因素取值范围, 以便指导设计工作的进行。

指标确定: 以自然室温为指标。

因素选取: 窗墙比(A)、外遮阳系数(B)、外墙传热系数(C)、屋顶传热系数(D)、外遮阳板深度(E可分为500 mm、1 000 mm、1 500 mm)、玻璃类型(F可分为普通玻璃、Low-E玻璃、中空玻璃)这6个建筑设计因素, 每个因素的取值选了3个变化水平。将所挑选的因素及变化水平列成表, 如表1。

本文选用了 $L_{27}(3^6)$ 型的正交表, 不考虑因素之间的交互作用。

列出试验方案表, 将各个因素及其水平值列表, 如表2。

表2中 K_1 = 因素所在的列中数码“1”所对应的指标之和, K_2 = 因素所在的列中数码“2”所对应的指标之和, K_3 = 因素所在的列中数码“3”所对应的指标之和, T = 所有试验所得自然室温之和, 极差 $R_A = \max(K_1, K_2, K_3) - \min(K_1, K_2, K_3)$ ^[4]。

试验结果分析。根据正交法原理, 由各因素方差的大小, 可判断因素的主次顺序和最佳水平。 K_1, K_2, K_3 分别表示每个因素各水平下的平均值。通过比较各水平的效应值, 判断因素的A对自然室温影响显著^[5]。K值越小, 说明该水平造成的试验结果的方差越小, 均匀性越好。如图2a-f所示为自然室温随每个因素三水平变化关系。从图中可以看出, 建筑物的自然室温是随着窗墙比的增加而升高的, 而玻璃、墙、屋顶的传热系数对于自然室温的影响达到一定值后则出现传热系数越大室温越低的情况。遮阳对于自然室温的影响则与玻璃、墙、屋顶相反。

本文所要求的自然室温指标越小, 夏季室内就越舒适。所以根据极差所得的因素主次顺序为 $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$ 。选择各个因素中影响最小的水平, 可以选出最优方案为 $A_1 B_2 C_3 D_3 E_2 F_3$ 。通过 Dest 对该设计方案进行模拟可得自然室温为 31.66°C , 为所选取实验方案中的最小值。

表1 影响因素及变化水平取值

Tab.1 Table of the factors and the levels

| 水平 | 窗墙比 A | 内遮阳系数 B | 外墙传热系数 $C/W \cdot (m^2 \cdot ^{\circ}C)^{-1}$ | 屋顶传热系数 $D/W \cdot (m^2 \cdot ^{\circ}C)^{-1}$ | 遮阳板深度 /mm | 玻璃类型 F |
|----|-------|---------|--|--|--------------|----------|
| 1 | 0.10 | 0.50 | 0.196 | 0.269 | 500 | 普通玻璃 |
| 2 | 0.40 | 0.60 | 0.595 | 0.595 | 1 000 | 中空玻璃 |
| 3 | 0.60 | 0.65 | 1.270 | 1.039 | 1 500 | Low-E 玻璃 |

表 2 正交实验表
Tab.2 The orthogonal table

| 编号 | 因素 | | | | | | 自然室温 |
|----------------|---|---------|--|--|--------------|------------|------------|
| | 窗墙比 A | 内遮阳系数 B | 外墙传热系数 C/W. (m ² · °C) ⁻¹ | 屋顶传热系数 D/W. (m ² · °C) ⁻¹ | 遮阳板深度 /mm | 玻璃类型 F | |
| 1 | 1(0.10) | 1(0.50) | 1(0.196) | 1(0.269) | 1(500) | 1(普通玻璃) | 34.32 |
| 2 | 1(0.10) | 1(0.50) | 1(0.196) | 1(0.269) | 2(1000) | 2(Low-E玻璃) | 33.86 |
| 3 | 1(0.10) | 1(0.50) | 1(0.196) | 1(0.269) | 3(1500) | 3(中空玻璃) | 32.26 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 32.08 |
| 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 32.01 |
| 6 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 31.80 |
| 7 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 32.29 |
| 8 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 32.11 |
| 9 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 31.95 |
| 10 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 36.38 |
| 11 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 35.79 |
| 12 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 36.38 |
| 13 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 33.18 |
| 14 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 32.97 |
| 15 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 32.90 |
| 16 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 35.72 |
| 17 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 35.44 |
| 18 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 35.20 |
| 19 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 37.45 |
| 20 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 37.64 |
| 21 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 37.91 |
| 22 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 34.62 |
| 23 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 33.74 |
| 24 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 34.62 |
| 25 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 36.27 |
| 26 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 35.62 |
| 27 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 36.43 |
| K ₁ | 293.66 | 322.97 | 310.76 | 308.79 | 312.29 | 310.15 | T = 931.92 |
| K ₂ | 313.96 | 297.92 | 312.76 | 315.25 | 309.18 | 312.22 | |
| K ₃ | 324.30 | 311.03 | 308.4 | 307.88 | 310.45 | 309.55 | |
| R | 30.64 | 25.05 | 4.36 | 7.37 | 3.11 | 2.67 | |
| 因素主次顺序 | A→B→D→C→E→F | | | | | | |
| 最优方案 | A ₁ B ₂ C ₃ D ₃ E ₂ F ₃ | | | | | | 31.66 |
| 最差方案 | A ₃ B ₁ C ₁ D ₂ E ₁ F ₂ | | | | | | 39.74 |

表 3 各因素范围取值表
Tab.3 Table of factors

| 窗墙比 A | 内遮阳系数 B | 外墙传热系数 C W/(m ² · °C) | 屋顶传热系数 DW/(m ² · °C) | 遮阳板深度 /mm E | 窗的传热系数 | 自然室温/°C |
|-----------|------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|-----------|---------------|
| 0.1 ~ 0.6 | 0.5 ~ 0.65 | 0.196 ~ 1.27 | 0.269 ~ 1.039 | 500、1000、1500 | 2.4 ~ 5.7 | 31.66 ~ 39.74 |

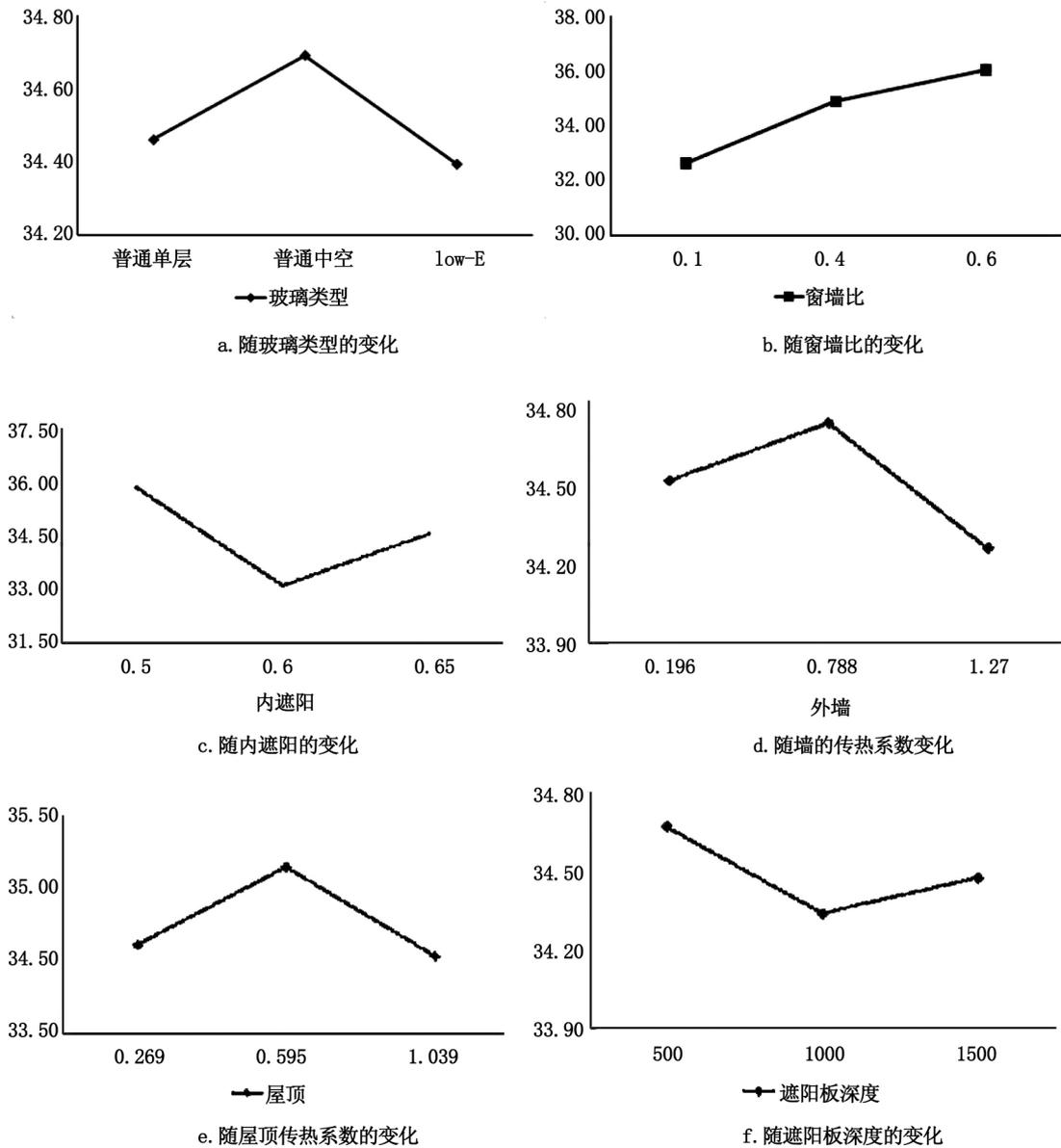


图2 自然室温变化

Fig. 2 The change of natural room temperature

3 自然室温参数驱动

环境参数驱动是以环境参数为某个函数的自变量,而建筑本体要素则是函数的因变量,通过改变环境参数来整合建筑的材料及结构设置,从而获得不同的建筑设计方案。环境参数驱动的 BIM 建筑设计,有可能成为建筑设计变革的最大亮点之一。利用建筑本身的隔热、保温、通风等性能来营造和调控室内热环境^[6]。在建筑物正常使用条件下,没有采取强化通风、采暖或空调等方式来改变室内的热湿状况,在这样的条件下形成的室内空气温度称为自然室温,它反映了建筑围护结构抵御外界气候的一种固有特性^[7]。

建筑物自然室温的研究将为被动式节能建筑提供设计依据,在满足室内热湿环境要求的条件下更加有利建筑节能。如果建筑物自然室温呈现出冬暖夏凉的特性,这就为人们不用或少用采暖或空调设备提供了条件,建筑设备的能耗将大为降低。

本文 27 次试验结果中各因素的取值范围以及试验结果得出的自然室温范围如表 3。

笔者以建筑所要求的自然室温为参数驱动,在满足自然室温范围内选取适合的窗墙比、内遮阳系数、外墙传热系数、屋顶传热系数、遮阳板的深度、窗的类型。从而获得不同的建筑设计方案,如表 4。

表4 自然室温表

Tab.4 Table of The natural room temperature

| 窗墙比 A | 内遮阳系数 B | 外墙传热系数 C W/(m ² ·℃) | 屋顶传热系数 DW/(m ² ·℃) | 遮阳板深度 /mm E | 窗的传热系数 | 自然室温/℃ |
|---------|----------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|---------|-------------|
| 0.1~0.2 | 0.6~0.65 | 0.788~1.27 | 0.595~1.039 | 1000、1500 | 2.4 | 31~32.19 |
| 0.2~0.3 | 0.6~0.65 | 0.788~1.27 | 0.269~1.039 | 500、1000、1500 | 2.4~5.7 | 32.23~34.43 |
| 0.3~0.4 | 0.5~0.6 | 0.196~1.27 | 0.269~1.039 | 500、1000、1500 | 2.4~5.7 | 32.59~37.79 |
| | | 0.196 | 0.269~1.039 | 500、1000、1500 | 2.4~5.7 | |
| 0.4~0.5 | 0.5~0.65 | 0.196~0.788 | 0.269~1.039 | 500、1000、1500 | 2.4~5.7 | 35.01~37.70 |
| 0.5~0.6 | 0.5~0.65 | 0.788 | 0.269~1.039 | 500、1000 | 2.4~5.7 | 35.01~38.99 |
| 0.6 | 0.5 | 1.27 | 0.595 | 500、1000、1500 | 2.4~5.7 | 37~38 |
| 0.6 | 0.5 | 0.196 | 0.595 | 500 | 3.1 | 39~40 |

以建筑所需自然室温在 35℃~37℃ 为例,各因素的取值可在表 4 中查询,即可得窗墙比为 0.4~0.5,内遮阳系数为 0.5~0.65,外墙传热系数为 0.196~0.788(W/m²·℃),屋顶传热系数为 0.269~1.039(W/m²·℃),遮阳板的深度为 500、1000、1500(mm),窗的传热系数为 2.4~5.7(W/m²·℃)。由此可得多个方案设计,大大减少了设计工作者在方案设计阶段的时间与精力,使方案设计更加具有针对性,更加方便简洁。

笔者选取了以上 3 个较典型设计方案: bad、best、15 号方案进行了计算,计算步骤如上,计算出冷负荷如图 3 所示。

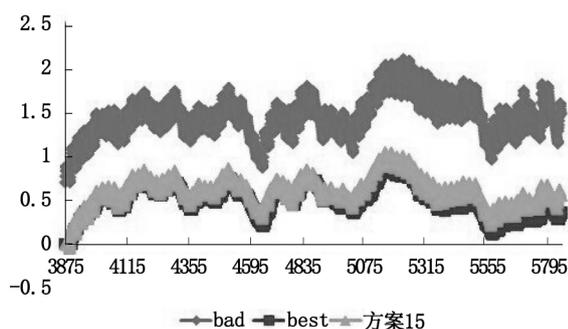


图3 不同方案的冷负荷

Fig.3 Cooling load

从图 3 可以看出,自然室温最优设计方案和最小夏季冷负荷采取的方案完全相同,均是最小窗墙比、2 号墙体、2 号屋顶、采用内遮阳为百叶遮阳、外遮阳板深度为 1000 mm、玻璃类型为 Low-E 玻璃。这也说明了夏季冷负荷取最小值时,夏季的自然室温同样也达到了最小。因此,在建筑设计时,若需要夏季空调冷负荷较小,自然室温也应较低。

4 结论

影响建筑自然室温显著性:窗墙比(A)→外遮阳系数(B)→屋顶传热系数(D)→外墙传热系数(C)→外遮阳板深度(E)→玻璃类型(F);得到最佳搭配方案 A₁B₂C₃D₃E₂F₃,最差搭配方案 A₃B₁C₁D₂E₁F₂;自然室温的取值区间 31~32.19、32.23~34.43、32.59~37.79、35.01~38.99、37~38、39~40,自然室温对应的设计因素取值区间如窗墙比 0.1~0.2、0.2~0.3、0.3~0.4、0.5~0.6、0.6。自然室温参数驱动建筑设计,在各设计因素区间内取值,能够使建筑冷负荷降低,从而达到节能效果。

参考文献:

- [1]董大纲,张杰,李德英. BIM 技术在暖通空调设计中的应用初探[J]. 暖通空调 HV&AC, 2013(12): 105-109.
- [2]DENNIS KNIGHT P. E., STEPHEN ROTH P. E., STEVEN L. ROSEN. Using BIM in HVAC design [J]. ASHRAE Journal, 2010: 24-33.
- [3]晋文,齐静,张伟捷. 基于建筑热环境数值模拟的优化设计[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2008, 25(4): 61-64.
- [4]赵选民. 实验设计方法[M]. 北京:北京科技出版社, 2006.
- [5]张伟捷,吴金顺. 基于正交实验法的建筑冷负荷影响因素分析[J]. 暖通空调 HV&AC, 2006, 36(11): 77-80.
- [6]朱颖心,张寅平,彦启森. 建筑环境学[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005.
- [7]李百战,郑洁,姚润明. 室内热环境与人体热舒适[M]. 重庆:重庆大学出版社, 2012.

(责任编辑 刘存英)