

高层建筑节能评估方法研究

范宏武* 卜震 曹毅然 陆善后 李德荣

(上海市建筑科学研究院, 200032)

摘要

针对 DeST 软件在高层建筑节能评估工程中计算时间长的缺点, 本文结合实际建筑围护结构的热工参数, 以传热学理论为基础, 对实际高层建筑进行了简化。计算结果表明, 在评估过程中, 对高层建筑进行合理简化不但可以保证计算结果的正确性, 也可大大缩短评估时间, 从而大大提高 DeST 软件在高层建筑评估工作中的生命力。

关键词 节能评估, 简化方法, DeST 软件, 高层建筑

1 问题提出

建筑能耗一直占据国家总能耗的第一位。我国的建筑能耗约占总能耗的 25%, 在一些发达国家可高达 30%~40%^[1], 但由于我国建筑的保温隔热性能很差, 再加上供能系统的低效率, 致使建筑物达到规定热舒适程度单位建筑面积所需的建筑能耗比同纬度发达国家高出 3~5 倍。随着中国城市化的发展、人口的增长以及现代化程度的加大, 高层建筑得到了迅猛发展。高层建筑在美化了城市的同时, 也加大了常规能源的消耗。据统计, 在我国建筑能耗中, 高层建筑能耗约占 8%左右。因此对高层建筑进行节能具有重要意义。

建筑物的能耗可通过现场实测与软件计算评估两种方法得到。与现场实测相比, 软件计算评估方法可在建筑物设计阶段对其建筑能耗进行预测, 从而确保建筑物建成后能够满足国家相应的建筑节能标准。目前, 中国市场上可用于建筑节能评估的软件有 DOE-2 和 DeST。据作者所知, DOE-2 软件能够计算的房间数有一定限制, 对高层建筑只有进行简化后才能进行相应的节能评估, 但不合理的简化可能导致较大的计算偏差而使其对建筑的节能效果得到错误的评价。相比之下, DeST 软件没有房间数的限制, 因此可对高层建筑进行建筑节能评估而不需要简化。但随着建筑层数与房间数的增加, DeST 软件评估所需的时间也大幅增加, 这限制了 DeST 软件的工程应用。

本文从基本理论出发, 结合上海某一实际高层建筑, 通过模拟计算, 研究 DeST 软件在评估高层建筑能耗过程中简化的可能性, 从而在不影响评估结果的情况下尽可能地缩短评估

* 范宏武, 男, 工学博士, 联系电话: +86-21-64420342, 电子邮箱: hongwufan@eyou.com

所需的计算时间。

2 理论分析

根据传热学原理，对建筑的某一楼层，其能耗可用下式计算：

$$Q_i = (Q_{wall} + Q_{window} + Q_{floor} + Q_{ceiling} + Q_{air-leak} + Q_{sun}) / F_i \quad (1)$$

$$Q_{wall} = F_{wall,south} \cdot q_{wall,south} + F_{wall,north} \cdot q_{wall,north} + F_{wall,east} \cdot q_{wall,east} + F_{wall,west} \cdot q_{wall,west} \quad (2)$$

$$Q_{window} = F_{window,south} \cdot q_{window,south} + F_{window,north} \cdot q_{window,north} + F_{window,east} \cdot q_{window,east} + F_{window,west} \cdot q_{window,west} \quad (3)$$

$$Q_{floor} = F_{floor} \cdot q_{floor} \quad (4)$$

$$Q_{ceiling} = F_{ceiling} \cdot q_{ceiling} \quad (5)$$

$$Q_{air-leak} = r_{air} \cdot N \cdot V_i \cdot (T_{room} - T_{outdoor}) \quad (6)$$

整栋建筑的能耗计算式为：

$$Q_{building} = \sum_{i=1}^n (F_i \cdot Q_i) / F_{building} = (F_1 \cdot Q_1 + F_2 \cdot Q_2 + \dots + F_{n-1} \cdot Q_{n-1} + F_n \cdot Q_n) / F_{building} \quad (7)$$

$$F_{building} = \sum_{i=1}^n F_i \quad (8)$$

式中， $Q_{building}$ 为单位建筑面积能耗， kWh/m^2 。 Q_{wall} 为通过墙体造成的能耗损失， kWh 。

Q_{window} 为通过窗户造成的能耗损失， kWh 。 Q_{floor} 为通过地板造成的能耗损失， kWh 。 $Q_{ceiling}$

为通过天花板造成的能耗损失， kWh 。 $Q_{air-leak}$ 为漏风造成的能耗损失， kWh 。 Q_{sun} 为太阳

辐射造成的能耗损失， kWh 。 F_{wall} 为各朝向的外墙面积， m^2 。 F_{window} 为各朝向的外窗面积，

m^2 。 $F_{building}$ 为建筑总建筑面积， m^2 。 q_{wall} 为各朝向的单位外墙面积造成的能耗， kWh/m^2 。

$q_{ceiling}$ 为天花板的单位面积造成的能耗， kWh/m^2 。 q_{floor} 为单位地板面积造成的能耗，

kWh/m^2 。 N 为换气次数， $1/h$ 。 r_{air} 为室外空气密度， kg/m^3 。 T_{room} 为室内空气温度， K 。

$T_{outdoor}$ 为室外空气温度， K 。

对于标准层，建筑布局、外墙面积、窗户面积、楼板面积相同，而外墙外侧对流传热阻和外墙内侧对流传热阻分别按 0.04 和 0.11 计算时^[2]， $q_{wall,south}$ 、 $q_{wall,north}$ 、 $q_{wall,east}$ 、 $q_{wall,west}$

相同；如果窗户的热工参数相同时， $q_{window,south}$ 、 $q_{window,north}$ 、 $q_{window,east}$ 、 $q_{window,west}$ 相同。

因此，根据方程式（1）~（8），若 q_{floor} 、 $q_{ceiling}$ 也相同，则建筑物的能耗就可按下列简化方法计算：

$$Q_{building} = \left(\sum_i^{未简化层数} (F_i \cdot Q_i) + m \cdot F_{st} \cdot Q_{st} \right) / F_{building} \quad (9)$$

式中， Q_{st} 为单位建筑面积的能耗， kWh/m^2 。 F_{st} 为标准层建筑面积， m^2 。 m 为简化层数。

q_{floor} 、 $q_{ceiling}$ 主要受屋面和地面热状况的影响。数值模拟计算结果表明，屋面和地面的热状况仅对其邻近几层建筑的能耗产生较大影响，而对其它层建筑的能耗影响甚微。因此，在评估过程中，可对屋面和地面影响很小的标准层进行简化计算，从而在不影响能耗评估结果的基础上达到缩短评估计算时间的目的。

3 方法比较

为研究简化方法的可行性与合理性，本文结合上海某一高层建筑进行具体分析。

3.1 建筑概况

该建筑属于条式建筑，混凝土剪力墙结构，南偏东 15° ，总 31 层（包括地下 1 层），高 97m，有效计算建筑面积 $23762.47 m^2$ 。体形系数为 0.23。

3.2 计算条件

针对此高层建筑，本文采用 DeST 软件对其进行节能评估。评估过程中，建筑标准层平面分布如图 1 所示，实际建筑与简化建筑立面图如图 2 所示。

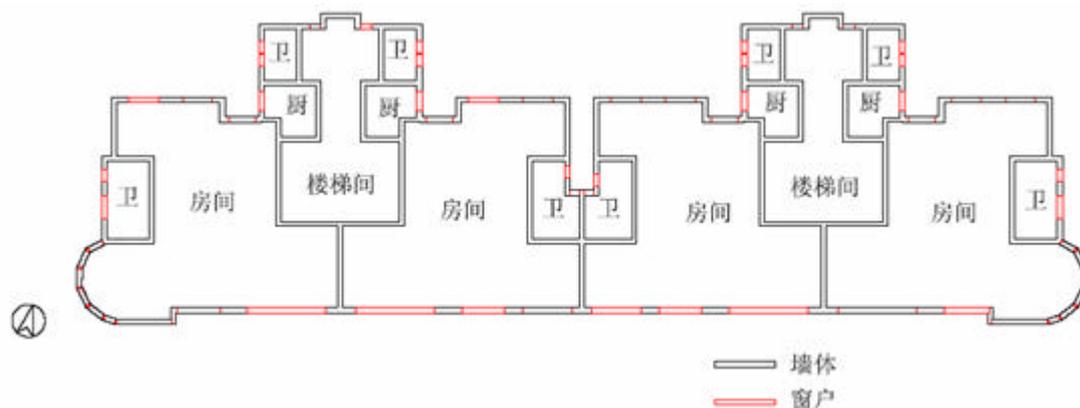


图 1 建筑标准层平面图

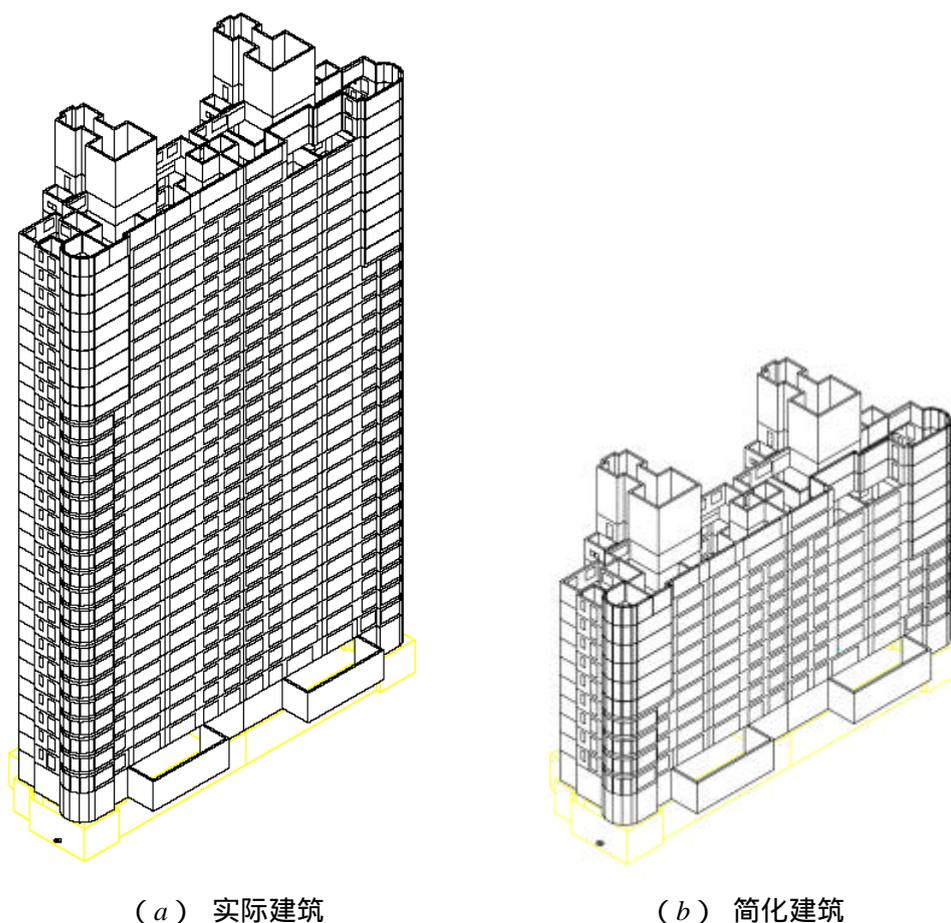


图 2 整体建筑立面图

3.2.1 围护结构热工参数设置

建筑具体的围护结构热工参数为：屋面传热系数为 $1.0\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ，外墙和窗户则分 XPS 外保温、ZL 胶粉聚苯颗粒保温浆料外保温和节能标准中的标准外墙三种工况进行讨论。

XPS 外保温系统的外墙构造为：XPS 保温层 25+水泥砂浆 20+钢筋混凝土 250（填充墙为多孔空心砖）+混合砂浆 20，其平均传热系数 $0.86\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 。各朝向窗墙比分别为：南 0.61；北 0.32；东 0.20；西 0.20。窗户传热系数为 $3.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ，遮阳系数为 0.83。

ZL 胶粉聚苯颗粒保温浆料外保温系统的外墙构造为：ZL 胶粉聚苯保温砂浆 35+水泥砂浆 20+钢筋混凝土 250（填充墙为多孔空心砖）+混合砂浆 20，其平均传热系数 $1.11\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 。各朝向窗墙比分别为：南 0.61；北 0.32；东 0.20；西 0.20。窗户传热系数为 $3.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ，遮阳系数为 0.83。

标准节能建筑的外墙按节能设计标准^[3]要求设置，即其平均传热系数取 $1.5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 。窗户传热系数按节能标准根据窗墙比选取：南 $2.5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ (0.5)；北 $3.2\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ (0.32)；东 $4.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ (0.20)；西 $4.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ (0.20)，括号内为相对应的窗墙比，遮阳系数为 0.83。

3.2.2 其他参数设置

其它参数均按《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》中的有关数值计算。具体为：居室室内计算温度，冬季全天为 18℃；夏季全天为 26℃。室外气象计算参数采用典型气象年。采暖和空调时，换气次数为 1.0 次/h。空调额定能效比取 2.3，采暖额定能效比取 1.9。室内照明得热为每平米每天 0.0141kWh。室内其它得热平均强度为 4.3W/m²。

4 结果分析

表 1 列出的是两种方法针对 XPS 外保温系统的计算结果，表 2 为针对 ZL 聚苯胶粉颗粒外保温系统的计算结果，表 3 为针对标准节能建筑的计算结果。

表 1 XPS 外保温系统的计算结果

	全年累计 热负荷， kWh	全年累计 冷负荷， kWh	采暖年耗电 量指标， kWh/m ²	空调年耗电 量指标， kWh/m ²	总年耗电量 指标， kWh/m ²	计算时 间，h
实际建筑	504842.42	1587541.77	11.18	29.05	40.23	78
简化建筑	505431.50	1586648.87	11.19	29.03	40.23	5
计算偏差	-589.084	892.898	-0.013	0.016	0.003	

表 2 ZL 胶粉聚苯颗粒外保温系统的计算结果

	全年累计 热负荷， kWh	全年累计 冷负荷， kWh	采暖年耗电 量指标， kWh/m ²	空调年耗电 量指标， kWh/m ²	总年耗电量 指标， kWh/m ²	计算 时间， h
实际建筑	540108.36	1580270.70	11.96	28.91	40.88	77
简化建筑	540631.29	1579492.67	11.97	28.90	40.87	5
计算偏差	-522.93	778.03	-0.012	0.014	0.003	

从计算结果可以看出，除了全年累计热负荷和全年累计冷负荷稍有偏差外，运用简化方法可得到与实际建筑相符的计算结果，而其计算所需时间则分别从 78h，77h 和 76h 减少到 5h 以内。这说明：通过简化方法，DeST 软件可完全满足工程实际对高层住宅节能评估计算的需要与要求。

表 3 标准节能建筑的计算结果

	全年累计 热负荷, kWh	全年累计 冷负荷, kWh	采暖年耗电 量指标, kWh/m ²	空调年耗电 量指标, kWh/m ²	总年耗电量 指标, kWh/m ²	计算 时间, h
实际建筑	537225.35	1597385.56	11.90	29.23	41.13	76
简化建筑	535644.20	1597429.50	11.86	29.23	41.09	5
计算偏差	1581.15	-43.94	0.035	-0.001	0.034	

5 结论

为尽可能缩短 DeST 软件对高层建筑节能评估的时间,本文结合上海某一高层建筑,通过简化建筑与实际建筑能耗的计算分析简化方法的可行性与合理性。

计算结果表明:其他条件相同时,采用简化方法完全可以得到与实际建筑相同的计算结果,且计算所需时间却大幅缩短,完全达到了工程界对评估软件的要求,因此可使 DeST 评估软件在工程界得到进一步认可与更广泛应用。

参考文献

- [1] 俞善庆. 关于建筑节能标准化. 中国标准化, 2000, 1:15~18
- [2] 民用建筑热工设计规范. GB 50176-93.
- [3] 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准. JGJ134-2001