

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2013.S1.039

重庆某绿色建筑模拟能耗计算分析

沈小东¹, 胡望社¹, 肖益民², 李蒙¹, 薛明¹, 王健琪¹

(1. 后勤工程学院 国防建筑规划与环境工程系, 重庆 401311;

2. 重庆大学 城市建设与环境学院, 重庆 400030)

摘要:大力提倡绿色节能建筑已成为社会的共识, 如何选择适合建筑自身特点的节能技术、产品和措施, 提高建筑节能水平, 成为了建筑设计阶段的关键。在设计阶段引入了模拟能耗分析, 本文对拟建建筑的墙体保温、遮阳、照明、空调通风进行了具体的分析, 并按照国家标准进行了基准建筑的能耗比对, 确定节能措施, 达到了突出的节能效果。

关键词:绿色建筑; 基准建筑; 节能率; 模拟能耗分析

中图分类号: TU111.19⁺5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-4764(2013)S1-0177-04

Simulation Analysis and Calculation of Energy Consumption in Green Building Design: A Case Study in Chongqing

Shen Xiaodong¹, Hu Wangshe¹, Xiao Yiming², Li Meng¹, Xue Ming¹, Wang Jianqi¹

(1. Department of Architecture & Environmental Engineering, LEU, Chongqing 401311, P. R. China;

2. School of Urban Construction & Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: It is well known that green energy-saving building should be popularized with great effort. But when it comes to practice, a key stage of building design is how to choose energy-saving technology, products and measures for raising energy-saving levels according to a building's own features. In order to solve the problem, we consider simulate energy-consumption analysis as a tool to synthesize the effect of indicators, such as wall insulation, sunshade, lighting, ventilation etc. Then we compare the result with the national standard to make sure that the energy-saving technology, products and measures really work. As a result, the energy conservation measure can be determined and prominent energy-saving effect can be achieved.

Key words: green building; baseline building; energy-saving rate; simulation analysis of energy consumption

绿色建筑又称生态建筑、节能建筑, 是综合运用现代建筑科技、生态科学以及各种现代科学技术的有效成果, 建设具有舒适、高效、节能、低排放的特点, 并充分体现人文、环保、持续、经济、实用等原则的建筑^[1]。当前, 中国建筑用能已超过全国能源消费总量的 1/4, 并将随着人民生活水平的提高逐渐增加到 1/3 以上^[2]。为了降低能耗, 保护环境, 创造与自然和谐的建筑, 应大力推广绿色建筑及各种节能技术。为此, 国家住房与城乡建设部颁布了《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005, 明确要求公共建筑节能率不应低于 50%^[3]。在国家政策和建设规范的大力倡导的背景下, 绿色建筑技术得到了迅猛的发展, 节能、环保技术层出不穷, 为绿色设计提供了有效的技术支撑和产品选型。鉴于各地的气候特点、地理环境、资源条件等方面的差异, 如何选择有效、适当、针对性强的绿色建筑技术和产品, 是困扰设计人员的难题。由于有些节能技术之间存在相互影响和制约, 各专业设计人员的侧重点的差异, 因此在设计阶段引入建筑模拟能耗分析, 用分析数据衡量各节能技术对整体建筑节能的贡献率, 处理各专业设备之间的矛盾, 能够达到节省建设经费,

提高节能的效果, 同时也与绿色设计理念相吻合^[4]。

重庆某绿色建筑在设计阶段引入了建筑能耗模拟分析, 反复比对各种建筑方案、建筑技术、设备的节能效果, 用模拟能耗的数据作为依据, 优化设计方案^[5], 达到了优异的节能效果。限于篇幅, 本文仅对最终设计方案的能耗模拟分析进行探讨。

1 拟建建筑基本情况

拟建建筑位于重庆市沙坪坝区大学城, 占地面积 13 837.8 m², 总建筑面积为 11 609 m², 建筑占地面积为 2 489.7 m², 地上 5 层, 地下 1 层, 地面绿化面积 5 960 m², 屋顶绿化面积 1 600 m², 容器型垂直绿化面积 90 m², 属于综合体建筑, 具有餐饮、会议、住宿、办公、教学等功能。该建筑从场地环境可持续、空间形态优化、外围护结构、水资源综合利用、清洁能源利用等方面实现建筑与自然环境的和谐共生, 采用了地源热泵空调、中水系统、直饮水系统、楼宇智能控制系统、光伏发电系统、固定遮阳和活动遮阳系统、太阳能热水系统、无功分相分散补偿等 20 余项生态技术。

收稿日期: 2013-03-15

基金项目: 国家住房与城乡建设部资助项目(2009-S3-1)

作者简介: 沈小东(1975-), 男, 副教授, 主要从事建筑节能、建筑电气、自动控制研究, (E-mail)806944035@qq.com。

2 能耗模拟计算依据

模拟能耗计算的依据为:1)建筑专业提供的建筑设计图纸与设计说明;2)暖通专业提供的冷热源及通风设备的性能参数;3)电气专业提供的电力设备、电气产品的性能参数;4)《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)^[3];5)重庆市工程建设标准《公共建筑节能设计标准》(DBJ 50—052—2006)^[6];6)重庆市沙坪坝区气象站典型气象资料^[7]。

为了使各种建筑的节能效果评估具有统一性,《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)定义了基准建筑,拟建建筑的节能率均与基准建筑相比较。根据 GB 50189—2005 的定义:基准建筑是以 20 世纪 80 年代改革开放初期建造的公共建筑作为比较能耗的基础。基准建筑的围护结构、暖通空调设备及系统、照明设备参数,都按当时的情况选取,在保持与设计建筑相同外观、面积和当前标准约定的室内环境参数的条件下,计算基准建筑全年的暖通空调和照明能耗,将它作为比较的基准。拟建建筑的能耗按照当前的设计参数,结合当前标准的室内环境参数条件,计算出的暖通空调和照明能耗,并将能耗数据按式(1)计算,得到设计建筑的节能率^[8]。

$$\text{节能率} = \frac{\text{基准建筑能耗} - \text{设计建筑能耗}}{\text{基准建筑能耗}} \times 100\% \quad (1)$$

3 基准建筑能耗模拟分析

3.1 基准建筑能耗模拟分析设定条件

基准建筑围护结构的构成、传热系数、遮阳系数按照 20 世纪 80 年代的传统做法取值:外墙 $K=2.00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;屋顶 $K=1.50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;外窗 $K=6.40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,遮阳系数取 0.80;照明参数取 $25 \text{ W}/\text{m}^2$ 。建筑平面、立面布置、房间功能完全按照拟建建筑设计参数确定;

基准建筑房间采暖空调设计温度、新风量设计参数、照度、电器功率与实际建筑相同,按拟建建筑设计参数设定,符合当前各设计标准取值^[5];人员密度、人员逐时在室率、电器设备逐时使用率、系统运行时间表等与实际建筑设置相同,按《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)附录 B 设置^[9]。

基准建筑采暖热源设定为锅炉,效率 0.55;空调冷源设定为水冷机组,螺杆机能效比 3.8;空调系统形式与实际建筑设定为一致,为两管制风机盘管系统;水泵扬程设置与实际建筑相同,采用定速运行方式,冷冻泵扬程 245 kPa,冷却泵扬程 31.4 kPa,其叶轮效率 75%、电机效率 0.9%。

基准建筑通风系统的风量、风机的压头按照设计建筑风量与风压取值。风机效率取 70%,传动效率为 95%,电机效率为 78%。

3.2 基准建筑模拟结果

根据参数设定条件,采用 VisualDOE Version 4.1.2 对基准建筑进行全年动态模拟计算,得到基准建筑全年逐时空调冷热负荷见图 1。

为使比较标准一致,将供热锅炉耗燃气量折算成电量。按我国目前火力发电及输变电综合效率为 0.34、天然气热值为 38 931 kJ,则每立方米天然气折算电量为 3.677 kW·h。基准建筑全年各项累计能耗计算结果见表 1。

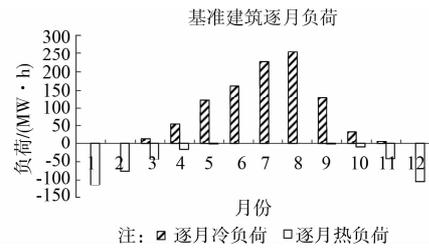


图 1 基准建筑逐月空调冷热负荷

表 1 基准建筑的全年能耗表

负荷类别	耗电量/ (kW·h)	耗燃气量/ m^3	折算耗电量/ (KW·h)
照明	842 911	0	842 911
制热主机	0	89 692	329 797
制冷主机	634 174	0	634 174
冷却排热设备	246 220	0	246 220
空调采暖水泵	64 832	0	64 832
通风机	114 321	0	114 321
总计	1 902 458	89 692	2 232 255

4 拟建建筑模拟能耗计算

4.1 拟建建筑能耗模拟分析条件

4.1.1 拟建建筑维护结构情况

按拟建建筑设计图纸,根据屋面、外墙、热桥柱、热桥梁、楼板的构造,综合考虑保温材料厚度、导热系数、蓄热系数、热阻、热惰性指标等参数,计算得到相关围护结构参数见表 2。

表 2 外墙平均传热系数统计表

部位名称	主墙体	热桥柱	热桥梁	热桥楼板
热系数 $K/$ ($\text{W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$)	0.54	0.52	0.56	0.56
面积/ m^2	2 585.96	386.99	694.14	140.4
面积 $\sum S/\text{m}^2$	3 807.49			
$K_m/(\text{W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1})$	0.54			

建筑外表面使用了热反射涂料,外墙平均传热系数取 0.95 的修正系数,修正后的外墙平均传热系数 $K_m = 0.51 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

屋面采用挤塑聚苯板倒置式外保温方案,且设计为种植绿化屋面。具体热工性能计算结果为:屋顶热阻 $R_0 = 3.333 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$,屋顶传热系数 $K=1/R_0 = 0.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,热惰性指标值为 6.44,具有很好的保温隔热性能。

地面设计采用 30mm 建筑无机保温砂浆,地面热阻为 $0.832 (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$ ^[13]。

4.1.2 拟建设计建筑外窗及遮阳情况

外窗采用节能型断桥隔热金属多腔密封窗框,加高透光 Low-E 6+12A+6 透明(mm),玻璃可见光透射为 0.72,太阳能总透射比 0.47,整窗自身遮阳系数 0.62,传热系数 $1.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

建筑构件外遮阳情况为南向 1~4 层:水平 500 mm+垂直 700 mm;南向第 5 层:水平 1 000 mm+垂直 700 mm;北向:水平 300 mm+垂直 400 mm;北向阳台宽(3~5 层):1 400 mm;东、西向:水平 700 mm+垂直 900 mm^[14]。

活动外遮阳:东西向设置活动外遮阳,当太阳辐射强度 >30 W/m² 时启动遮阳板。

4.1.3 拟建建筑空调通风系统情况

1) 系统形式:为新风+两管制风机盘管系统。

2) 冷热源:采用土壤源热泵系统作为建筑空调冷热源。采用两台螺杆式地源热泵机组。冷热源能耗部分按照空调系统全年冷热负荷模拟结果和冷热源综合部分负荷性能系数进行计算。

3) 循环水泵:负荷侧循环水泵设计扬程 25 m,总效率

70%,冷冻水供水温度 7℃,环路循环温差 5℃。供水温度 45℃/40℃。采用变流量水系统,压差旁通控制,水泵采用变速运行调节。地下换热器循环泵设计扬程 32 m,总效率 70%,环路温差 5℃,采用变速调节控制。

4) 风机:通风系统的风量、风机的压头按照设计风量与风压取值。新风机为数字化节能型低阻力空气处理机,按各区域对应设置,风机总效率 70%;风机盘管为无刷直流卧式暗装风机盘管,风机效率 70%;厨房排风机效率 70%;卫生间通风器压头 65 Pa,效率 70%。

5) 排风热回收:餐厅人员密度大,新风量较大,采用 EC 数字化节能型低阻力热回收机组,新风与排风进行热交换,风机效率 70%,热回收效率 60%^[7]。

6) 房间设计温度与新风量:见表 3。

表 3 房间设计温度与新风量^[15]

房间类型	空调温度/℃	采暖温度/℃	新风量/ (m ³ ·h ⁻¹ ·P ⁻¹)	房间类型	空调温度/℃	采暖温度/℃	新风量/ (m ³ ·h ⁻¹ ·P ⁻¹)
会议室	26	20	30	商店	26	20	20
健身房	26	20	20	宿舍	26	20	30
大厅	28	18	30	办公室	26	20	30
宾馆客房	26	20	30	餐厅	26	20	20
图书室	26	20	20	教室	26	20	17

7) 人员密度:不同房间人均占用使用面积按 GB 50189—2005 附录 B 表 B.0.6-1 设置,房间人员逐时在室率按 GB 50189—0225 附录 B 表 B.0.6-2 设置。

4.2 拟建建筑能耗模拟分析

4.2.1 空调系统负荷分析

根据拟建建筑设计参数设定,采用 Visual DOE Vesion

4.1.2 进行全年动态模拟计算。动态模拟获得的全年逐时空调冷热负荷,见表 4。

表 4 拟建建筑逐月空调冷热负荷 MW·h

月份	冷负荷	热负荷
1	0.000	-91.376
2	0.000	-60.968
3	1.807	-33.296
4	25.168	-9.812
5	69.388	-0.619
6	103.662	0
7	156.346	0
8	178.415	0
9	80.572	-0.070
10	9.781	-4.338
11	0.013	-31.682
12	0.000	-81.892
总计	625.150	-314.050

4.2.2 空调系统冷热源耗电量分析

冷源主机分析:根据表 4,空调系统总累计冷负荷为

625.153 MW·h,制冷综合部分负荷性能系数取 5.5,则冷源主机耗电量为: $W_{CL}=625.153 \text{ MW} \cdot \text{h} / 5.5=113 \ 664 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

热源主机分析:根据表 4,空调系统总累计热负荷为 314.054 MW·h,制热综合部分负荷性能系数取 5.5,则冷源主机耗电量为: $W_r=314.054 \text{ MW} \cdot \text{h} / 5.5=57 \ 101 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

地下换热器循环水泵分析:地下换热器循环水泵按温差控制,变速运行,设计扬程 32 m,效率 0.70,则其耗电量如下。

夏季工况:

$$W_{px} = \frac{Q_x \times \left(1 + \frac{1}{COP_x}\right) \times \rho \times g \times H}{1\ 000 \times C_p \times \rho \times \Delta t \times \eta} = 15\ 830 \text{ kW} \cdot \text{h} \quad (2)$$

冬季工况:

$$W_{pd} = \frac{Q_d \times \rho \times g \times H}{1\ 000 \times C_p \times \rho \times \Delta t \times \eta} = \frac{1\ 000 \times 314.054 \times 9.81 \times 32}{1\ 000 \times 4.186 \times 5 \times 0.70} = 6\ 729 \text{ kW} \cdot \text{h} \quad (3)$$

式中: W_{px} 为地下换热器循环水泵夏季工况耗电量,kW·h; Q_x 为夏季工况空调系统总累计冷负荷,kW·h; ρ 为循环水的密度,kg/m³; H 为水泵的扬程,m; C_p 为水的比热,其值为 4.186 kJ/(kg·℃); Δt 为地下换热器循环温差,℃; η 为水泵的效率; W_{pd} 为地下换热器循环水泵冬季工况耗电量,kW·h; Q_d 为冬季工况空调系统总累计热负荷,kW·h。

空调系统冷热源耗电量为:

$$W_p = W_{px} + W_{pd} = 22\ 559 \text{ kW} \cdot \text{h}。$$

4.3.3 拟建建筑全年能耗统计

将拟建建筑模拟计算获得的全年各项能耗,见表 5。

表 5 拟建建筑的分项年能耗 kW·h

负荷类别	能耗
照明	211 292
制热主机	57 101
制冷主机	113 664
冷却排热设备	22 559
空调采暖水泵	43 674
通风机	79 816
总计	762 865

5 拟建建筑与基准建筑模拟能耗对比

将拟建建筑和基准建筑全年动态能耗模拟计算结果列于表 6。

表 6 拟建建筑与基准建筑的分项年能耗 kW·h

负荷类别	基准建筑	拟建建筑
照明	842 911	211 292
制热主机	329 797	57 101
制冷主机	634 174	113 664
冷却排热设备	246 220	22 559
空调采暖水泵	64 832	43 674
通风机	114 321	79 816
总计	2 232 255	762 865

按照《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005 关于节能率的定义,拟建建筑的节能率达到了 76.3%。

6 结 论

从节能率数据可见,拟建建筑的节能效果突出。在控制建设成本增量不大的情况下,采用模拟能耗分析的方法优选

节能技术方案,能够得到突出的节能效果,其分析结果显示节能率远远超出了《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005 节能 50% 的要求。采用计算机模拟能耗分析,利用节能率的数据评价整体建筑的节能效果,可在设计阶段遴选实用、合理的技术和产品,大大提高建设经费的有效率,对于环境保护,节能减排起到了突出的作用。

参考文献:

- [1] 谢秉正. 绿色智能建筑工程技术[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007:1-2.
- [2] 江亿. 发展建筑节能的三大突破口[J]. 科技潮, 2005(6):10-13.
- [3] 国家建设部, 国家质监总局. GB50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 2005:37-38.
- [4] 薛志峰, 杨修, 江义, 等. 超低能耗建筑技术及应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005:4-10.
- [5] 曾旭东, 张乐敏. 建筑节能的数字化设计程式[J]. 重庆建筑大学学报, 2008, 30(4):1-5.
- [6] 重庆市建设委员会. DBJ 50—052—2006 公共建筑节能设计标准[S]. 2006:2-8.
- [7] 中国气象局气象信息中心气象资料室, 清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005:90-165.
- [8] 王卫卫. 既有居住建筑节能改造的经济性能评价研究[J]. 墙材革新与建筑节能, 2010(6):50-53.
- [9] 彭鹏, 朱磊. 某办公楼动态能耗模拟与节能分析[J]. 节能, 2007(12):50-52.
- [10] 于文艳. 我国既有建筑的节能改造分析[J]. 新型建筑材料, 2002(4):34-36.
- [11] 黄夏东. 我国炎热地区外窗性能对建筑节能影响的分析[J]. 福建建设科技, 2005(2):66-68.
- [12] 中国建筑科学研究院, 重庆大学. JGJ 134—2001 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京: 中华人民共和国建设部, 2001:20-25.

(编辑 郑洁)