

基于能耗控制的建筑 外百叶遮阳优化研究

同济大学 李峥嵘[☆]

上海现代建筑设计(集团)有限公司 夏 麟

摘要 对透过建筑外百叶遮阳进入室内的太阳辐射得热进行了分析,并以建筑全年能耗为控制指标,提出了总辐射净得益量的概念,对建筑外百叶遮阳结构(百叶倾角和百叶数量)进行了优化,对比分析了优化模型与现用模型全年节能效果。结果表明,南向百叶遮阳的效果与百叶倾角有很大关系,而东西向则不明显;总辐射净得益量概念对于综合评价遮阳设施冬夏季的节能效果具有较好的指导作用。

关键词 外遮阳 百叶 总辐射净得益量 百叶倾角

Optimization of building external louver shading devices based on energy control

By Li Zhengrong[★] and Xia Lin

Abstract Analyses the solar heat transfer into a room through building external louver shading devices. Taking building annual energy consumption as control index, suggests the concept of total annual solar energy gain to optimize the louver shading construction with the louver angle and louver number as variables. Compares annual energy saving effects between the optimization model and the existing model. The results show that the louver angle is a very important factor influencing the southern louver shading effects but not the eastern and western louver shading effects, and that the concept of total annual solar energy gain is good for annual energy saving assessment of building shading devices.

Keywords external shading, louver, total annual solar energy gain, louver angle

★ Tongji University, Shanghai, China

①

1 建筑外遮阳的意义与分析模型的建立

建筑遮阳作为一种丰富建筑立面效果的措施之一,自面世之日起很快在欧洲风靡,根据不同朝向和材料,已经衍生出很多的遮阳形式和构件形式^[1-2]。随着能源危机和室内环境问题的出现,遮阳在降低建筑能耗,改善室内热环境、光环境等方面的效果日益突出,成为生态建筑实施中不可或缺的技术措施之一。

采用遮阳技术降低建筑夏季空调负荷和建筑运行能耗的主要原理在于通过反射最大限度地减

少进入室内的太阳辐射得热,因此遮阳技术是建筑降温最经济、最灵活的方法之一。

然而对于很多冬季不能完全收折起来的外遮阳设施而言,遮阳的存在却是对建筑能耗很不利的

①[☆] 李峥嵘,女,1969年10月生,博士,副教授
200092 上海市四平路1239号192信箱
(021) 65988869
E-mail: lizhengrong@mail.tongji.edu.cn

收稿日期:2006-09-05

一次修回:2007-04-26

二次修回:2007-10-10

因素,由于遮阳设施的阻挡,减少了进入室内的太阳辐射热,从而增加了建筑的供暖能耗。

本文从控制建筑全年能耗出发,借助上海某公共建筑的外百叶遮阳模型,对通过外百叶遮阳的太阳辐射热流进行分析,通过全年能耗模拟,分析外百叶遮阳对建筑空调能耗的影响。

本文选择的建筑模型高 14.4 m,层高 3.6 m,建筑长 10.8 m,宽 10 m。窗户宽 3 m,高 2 m,均匀分布在南立面上,同时南立面外均匀安装了外百叶遮阳设施。

在本文的研究中,以百叶倾角(如图 1 所示,角度为正)和单位高度百叶数量作为控制变量,其他遮阳设施参数,包括百叶材质、间距以及其与建筑的相对尺寸等都作为常量考虑,具体数据见表 1,结构示意图见图 1。

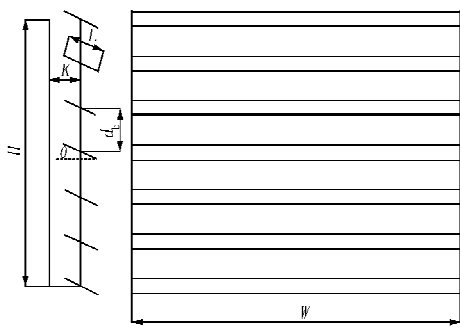


图 1 百叶遮阳模型结构示意图

表 1 遮阳模型参数 m

窗高 H	窗宽 W	百叶宽度 L	百叶间距 d_b	百叶长度 l_l	与窗距离 K
2	3	0.4	0.4	10.8	0.7

2 通过外百叶遮阳设施的传热过程分析

2.1 通过百叶遮阳进入窗口的得热量计算

通过百叶遮阳进入建筑窗口的太阳辐射得热可以分为四类:直射辐射得热、散射辐射得热、由于百叶反射形成的直射辐射反射得热和散射反射得热。因此通过百叶遮阳进入建筑窗口的太阳辐射总得热 Q_z 为

$$Q_z = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (1)$$

式中 Q_1 为直射辐射透过量; Q_2 为直射辐射反射透过量; Q_3 为散射辐射直接透过量; Q_4 为散射辐射反射透过量。采用 Pfrommer 和天空日光亮度模型^[3-4]可以得到它们的计算方法,为

$$Q_j = \int_{T_1}^{T_2} I_j S \eta_j dT \quad (2)$$

式中 下标 j 对应式(1)中的 1,2,3,4; I_j 为垂直面上的相应的太阳直射或散射辐射照度; S 为连续百叶所占有的面积; T_1, T_2 分别为日出、日落的时刻; η_j 为相应的太阳直射辐射、直射辐射反射、散射辐射、散射辐射反射透过率,计算方法见式(3)~(7)^[5-9]。

$$\eta_1 = 1 - \frac{L \sin(h + \theta)}{d_b \sin(90^\circ - h)} \quad (3)$$

$$\eta_2 = (\rho f_1 + \rho f_2 f_3)(1 - \eta_1) \quad (4)$$

$$\eta_3 = \frac{\int_0^\Omega L_p \cos \Omega \pi(\Omega) d\Omega}{\int_0^\Omega L_p \cos \Omega d\Omega} \quad (5)$$

$$\eta_4 = \frac{\int_0^{90^\circ} L_p \cos \Omega [1 - \tau(\Omega)] (\rho f_1 + \rho^2 f_2 f_3) d\Omega}{\int_0^{90^\circ} L_p \cos \Omega d\Omega} \quad (6)$$

$$\tau(\Omega) = 1 - \frac{L_p \sin \theta + L_p \cos \theta \tan \Omega}{d_b} \quad (7)$$

式(3)~(7)中 h 为太阳高度角,°; ρ 为遮阳材料的发射率,本文使用的是铝合金材料, $\rho=0.8$; f_1, f_2, f_3 为角系数; L_p 为天空亮点的亮度; Ω 为天空亮点的投影高度角,°; $\tau(\Omega)$ 为某点的散射辐射透过率。

2.2 总辐射净得益量的概念与计算方法

外百叶遮阳对建筑的遮阳降温效果可以用太阳光在玻璃窗上造成的阴影面积的大小来反映:夏季,该阴影区越大,遮阳效果越明显,建筑空调能耗越小,越有益;冬季,恰好相反,该阴影区越小,建筑的日照越充分,建筑空调能耗越小,越有益。为了综合反映这两方面的影响,在此提出一个概念——总辐射净得益量 $Q_{总}$,其计算式为

$$Q_{总} = Q_{Z终} - Q_{Z夏} \quad (8)$$

显然,总辐射净得益量越大,说明外百叶遮阳对建筑全年空调供暖能耗的降低量越大。

2.3 总辐射净得益量概念的应用

以建筑全年能耗为控制对象,针对本文的建筑模型,假定分别在东、南、西三个朝向外立面安装了外百叶遮阳设施,根据总辐射净得益量对建筑百叶遮阳的百叶倾角和百叶数量进行了筛选,得到的优化结构的参数见表 2。

表 2 优化模型和现用模型的百叶结构尺寸参数

朝向	百叶宽度/m	百叶倾角/(°)		百叶数量/片		顶百叶高度(距 1 层窗台)/m	百叶长度/m	与窗距离/m
		现用模型	优化模型	现用模型	优化模型			
东	0.4	0	90	32	24	12.8	10.8	0.7
南	0.4	0	-30	32	20	12.8	10.8	0.7
西	0.4	0	90	32	24	12.8	10.8	0.7

为分析两种遮阳模型对建筑全年节能效果的影响,分别计算了采用两种模型的全年负荷、全年冷负荷节能占有率。这里所谓冷负荷节能占有率是指有百叶遮阳的建筑与无遮阳的建筑相比,每个月冷负荷的减少量与全年冷负荷的减少量的比值,通过此参数可以反映出各月对空调供冷能耗降低的贡献率。模拟计算结果见图 2~4。

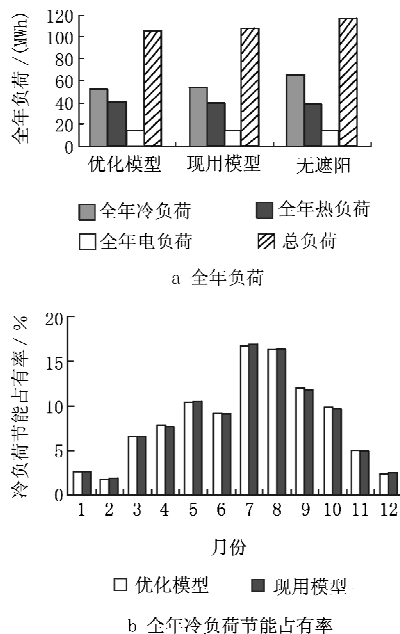


图 2 东向全年负荷和全年冷负荷节能占有率的对比

可见,总体上两种模型结构没有造成明显的区别;从冷负荷节能效果看,呈中间大两头小,也就是夏季节能效果明显,过渡季节和冬季节能效果相对较小;在南向,虽然在全年总负荷和全年冷负荷总量上优化的结构不如现有结构,但是由两者的冷负荷节能占有率的区分非常明显可以看出,优化后的遮阳模型对减少冷负荷的贡献率更集中在夏季,这对空调制冷主要用于夏季的上海非常有利。

3 结论与讨论

3.1 在南向,优化遮阳模型的节能效果与现用模型有较大差别,说明南向的百叶遮阳效果对百叶倾角比较敏感,而东、西方向的遮阳效果对水平外百叶倾角不敏感。

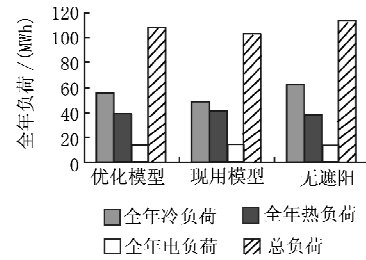


图 3 南向全年负荷和全年冷负荷节能占有率的对比

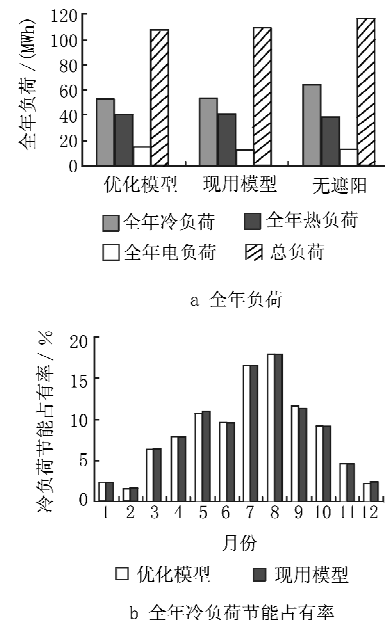


图 4 西向全年负荷和全年冷负荷节能占有率的对比

3.2 在南向,优化遮阳模型的节能效果夏季比现用模型优越,而在冬季则存在明显劣势,说明如果

(下转第 5 页)

5 开展建筑节能的效果分析

5.1 按 2010 年夏热冬冷地区 30% 的居住建筑达到节能 50% 的要求,耗电量将为 302.35 TWh/a,能耗将比 2005 年增加 8.1%,但比不采取节能措施的 2010 年电耗减少 53.35 TWh/a。

5.2 按 2020 年所有居住建筑实现节能 50% 的条件,耗电量将为 211.05 TWh/a,在城市人口明显增长、生活水平明显改善的情况下,电耗将比 2005 年降低 24.6%,而且比不采取节能措施的 2020 年电耗减少 211.05 TWh/a。

5.3 按 2050 年所有居住建筑实现节能 75% 的条件,耗电量将为 255.85 TWh/a,生活水平达到中等发达国家水平,城市人口增加 1.99 亿,达到 4.18 亿,而能耗将比现阶段降低 8.60%,而且比不采取节能措施的 2050 年电耗减少 767.55 TWh/a。

参考文献:

- [1] 张维庆. 中国计划生育概论[M]. 北京:中国人口出版社,1998
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 2005 年全国 1% 人口抽样调查主要数据公报[R], 2006
- [3] 范菁菁. 中国人口年龄性别结构-人口结构图[M].

北京:中国人口出版社,1995

- [4] 王跃生. 当代中国家庭结构变动分析,当代中国城乡家庭结构变动比较[J]. 社会,2006,26(3)
- [5] 周福临. 我国家庭结构的统计研究[J]. 经济经纬,2006(2)
- [6] 包宗华. 全方位透视住房分类供应和经济适用住房[EB/OL]. [2002-01-24]. <http://news.soufun.com/2002-01-24/72047.html>
- [7] 周干峙. 2020 年我国的城镇化率将达到 50% 至 55% [EB/OL]. [2005-09-25]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2005-09/25/content_3540548.htm
- [8] 宋健. 人口预测和人口控制[M]. 北京:人民出版社,1982
- [9] 赵克斌,李培林,朱庆芳,等. 中国小康社会[M]. 北京:社会科学文献出版社,2003
- [10] 中华人民共和国国家统计局. 2000 年第五次全国人口普查主要数据公报[M]. 北京:中国统计出版社,2001
- [11] 王海燕. 新世纪中国人口问题概论[M]. 济南:济南出版社,2000
- [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:中国建筑工业出版社,2001

(上接第 13 页)

南向采用百叶外遮阳设施,必须对百叶的角度进行调整,至少在冬、夏两季实施运行控制角度的季节性调节,以达到最好的节能效果。

3.3 优化模型与现用模型除了百叶片的角度不同外,还存在百叶数量的区别,两者对节能的影响权重需要作进一步分析。

3.4 在同样的节能效果前提下(东、西向),优化模型采用的百叶数量明显少于现用模型,因此可节约初投资;而南向夏季,不仅优化模型节能效果明显,而且使用的百叶数量少,因此可以同时实现初投资和运行费用降低的双重功效。本文提出的总辐射净得益量概念,在夏热冬冷地区,可以综合评判遮阳的全年节能率,对遮阳设施的设计与安装具有较好的指导作用。

参考文献:

- [1] 夏麟,李峥嵘. 遮阳技术的应用与研究[J]. 上海节能,2005,8(1):42-49
- [2] Xia Lin, Li Zhengrong. Analysis of the effect of balcony overhang dimensions on building energy

saving in Shanghai[C]//IWWEERB2004,2004:70-74

- [3] Pfrommer P, Lomas K J, Kupke C. Solar radiation transport through slat-type blinds: a new model and its application for thermal simulation of buildings[J]. Solar Energy, 1996, 57(2):77-91
- [4] 马京涛. 广州地区窗口外遮阳构造透光率分析[D]. 广州:华南理工大学,2003
- [5] 吴继臣,徐刚. 全国主要城市冬季太阳辐射强度的研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2003,35(10):136-139
- [6] Al-Shareef F M, Oldham D J, Carter D J. A computer model for predicting the daylight performance of complex parallel shading systems[J]. Building and Environment, 2001,36(5):605-618
- [7] 曹叔维,陈沛霖. 空调负荷计算理论与方法[M]. 上海:同济大学出版社,1987
- [8] 柳孝图. 建筑物理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2000
- [9] 曹叔维. 房间热过程和空调负荷[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,1991