

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.201911050



不同安装方式下保温卷帘节能窗 对建筑冷、热负荷的影响

王志强^{1,2}, 田琦¹

(1. 太原理工大学 环境科学与工程学院, 山西 太原 030024;
2. 太原工业学院 环境与安全工程系, 山西 太原 030008)

摘要: 为解决现有节能玻璃窗节能灵活性不足和时节适应性差等问题,提出将保温卷帘与普通玻璃窗进行组合以实现节能的构想.分别以寒冷地区山西省太原市某简化建筑 and 实际建筑为考察对象,进行单因素分析和正交分析.首先,通过模型实验与 DeST 软件模拟进行对比,验证 DeST 软件模拟的可行性.其次,利用 DeST 软件模拟分析保温卷帘与普通玻璃的不同组合安装对考察对象全年冷、热负荷的影响.结果表明:南向玻璃窗配置外保温卷帘,在窗墙比为 0.6 和遮阳板框至少为 1 m 的情况下,可以有效降低冷、热负荷;北向玻璃窗配置内保温卷帘,在窗墙比为 0.4 的情况下,可以有效降低冬季热负荷;将保温卷帘与普通玻璃窗进行组合用于寒冷地区,白天收起卷帘进行采光和太阳得热,夜间放下卷帘减少辐射和对流失热,是一种较为灵活和理想的保温模式.

关键词: 窗户节能; 节能保温卷帘安装结构; 能耗分析; 安装方式

中图分类号: TU 86 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2020)04-0484-09

Influence of Thermal Insulation Shutter Energy-Saving Windows on Cold and Heat Load of Buildings Under Different Installation Methods

WANG Zhiqiang^{1,2}, TIAN Qi¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;
2. Department of Environment and Safety Engineering, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China)

Abstract: In order to solve the widespread problems of existing energy-saving glass window such as lack of flexibility and poor adaptability of season and time, the idea of combining the thermal insulation shutter and ordinary glass window to realize energy saving was put forward. Taking a simplified building and a real building in a cold region of Taiyuan City Shanxi Province as the object of investigation, the single factor analysis and orthogonal analysis were carried out. Firstly, the feasibility of the DeST software simulation was verified by comparing the field experiment with the DeST software simulation, and then the influence of the thermal insulation shutter and ordinary glass window on the annual cold and heat load of the investigated object was analyzed by using the DeST software simulation under different combination installation conditions. The results showed that, the south window equipped with external insulation roll curtain, with the window-wall ratio of

about 0.6 and a window-wall ratio of width of at least 1 m, which can effectively reduce the cold and heat load. For north window, two structures can be installed in the interior, with the window-wall ratio of about 0.4, which can effectively reduce the winter heat load. It is a more flexible and ideal thermal insulation modeto combinethe thermal insulation shutter with ordinary glass window in cold areas, rolling up the shutter during the day for daylighting and heat gain from the sun, and pulling down the shutter at night to reduce radiation and heat loss.

Keywords: energy-saving windows; energy-saving thermal insulation shutter structure; energy consumption analysis; optimization of installation mode

目前,建筑能耗约占整个社会总能耗的 30%~40%^[1],因此,建筑节能对于降低社会总能耗非常关键.作为建筑的重要构件,窗户是建筑隔热保温过程中最薄弱的环节,通过窗户形成的能耗约占整个建筑使用能耗的 50%^[2].因此,窗户的隔热保温性能日益受到广泛的关注,做好窗户的隔热保温是改善室内热舒适性、实现建筑节能的关键环节之一^[3].目前,节能窗大多是通过机械增加玻璃层数,或者粘贴防辐射膜等方法^[4-9]进行节能,试图一次性克服窗户传热系数大,太阳能得热系数大^[10]等缺点,但是没有辩证地分析窗户在冬、夏两季,昼、夜两时不同的得热、失热性能.夏季白天窗户容易造成冷负荷上升,而夜晚有利于散热过程;冬季白天窗户得到太阳辐射有利于室内升温,而夜晚需要保温降低热负荷^[10].

本文提出一种根据不同时段进行分别调节和控制的节能保温窗(ESIW),通过 DeST 能耗分析软件^[11-12]建立安装有不同结构 ESIW 系统的房屋计算模型,以全年冷热负荷为主要分析指标,对建筑的窗墙比、窗户朝向,以及遮阳板宽度等因素进行优化分析,得到节能保温窗最佳的安装方式.

1 软件模拟与可靠性验证

以寒冷地区山西省太原市为分析区域,对配置有节能保温窗的房屋模型进行能耗分析计算,并与配有同尺寸普通玻璃窗户(OW)的房屋模型进行比较.所用软件为清华大学开发的建筑模拟分析软件 DeST^[13].为了验证该软件模拟的可靠性,搭建了实验室.实测房间,如图 1 所示.

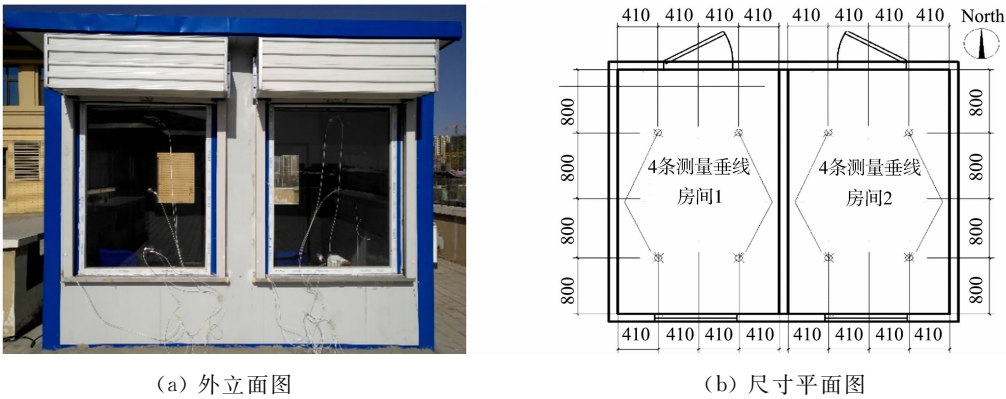


图 1 实测房间(单位: mm)

Fig.1 Measured room (unit: mm)

实验室总尺寸为 3.40 m(长)×3.50 m(宽)×2.70 m(高),门尺寸为 0.97 m(长)×2.00 m(宽),窗尺寸为 1.20 m(宽)×1.50 m(高).建筑物的围护结构参数,如表 1 所示.表 1 中: d 为厚度; λ 为导热

表 1 建筑物的围护结构参数

Tab.1 Building envelope structural parameters

构件	结构	d/m	$\lambda/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	$k/\text{W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$
外墙	钢板(0.5 mm)+岩棉(99 mm)+钢板(0.5 mm)	0.100	0.043	0.403
屋顶	钢板(0.5 mm)+岩棉(99 mm)+钢板(0.5 mm)	0.100	0.043	0.403
地面	钢筋混凝土(100 mm)+水泥砂浆(20 mm)+釉面砖(5 mm)	0.250	0.249	0.860
外门	聚氯乙烯	0.020	0.100	2.800
普通玻璃窗户	5 mm 普通玻璃	0.005	0.770	6.100

系数; k 为传热系数.

4 种保温卷帘节能窗结构示意图,如图 2 所示. 保温卷帘装置由保温卷帘、保温卷帘收纳箱、保温卷帘导轨等组成,卷帘内填充 2.0 或 2.5 cm 厚的聚氨酯,铝合金外壳彼此链接,保温卷帘覆盖玻璃窗,总尺寸为 1.40 m (宽) \times 1.90 m (高).

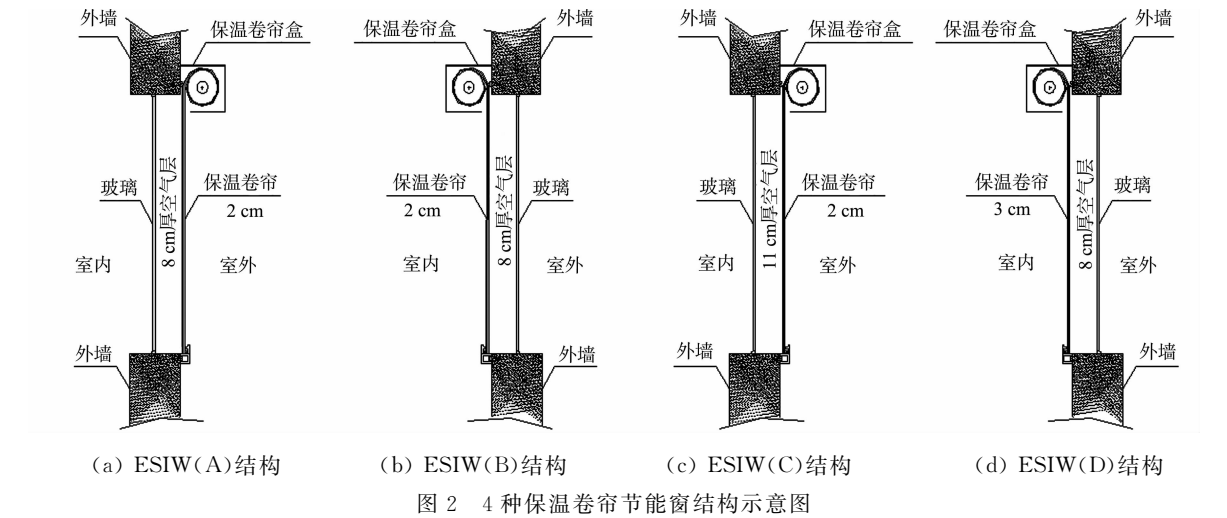


图 2 4 种保温卷帘节能窗结构示意图

Fig. 2 Structure sketch diagram of four types of thermal insulation shutter energy-saving window

4 种保温卷帘结构参数和设置方案,分别如表 2,3 所示. 表 2,3 中: a 为卷帘与玻璃间空气间隙; w 为遮阳板宽度; l 为遮阳板长度;ESIW(A) 结构、ESIW(B) 结构为房间 1 的保温卷帘节能窗;ESIW(C) 结构、ESIW(D) 结构为房间 2 的保温卷帘节能窗.

表 2 4 种保温卷帘结构参数
Tab. 2 Structural parameters of four thermal insulations

参数	房间 1 节能窗结构		房间 2 节能窗结构	
	ESIW(A)	ESIW(B)	ESIW(C)	ESIW(D)
卷帘安装方位	玻璃外	玻璃内	玻璃外	玻璃内
d (卷帘)/cm	2	2	2	3
λ (卷帘)/ $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	0.043	0.043	0.043	0.043
a /cm	8	8	11	8
k (玻璃)/ $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	0.770	0.770	0.770	0.770
d (玻璃)/m	0.006	0.006	0.006	0.006
w /mm	500	0	500	0
l /mm	1 400	0	1 400	0

表 3 4 种保温卷帘结构设置方案
Tab. 3 Setup scheme of four thermal insulation structures

卷帘落下时段	类型	
	房间 1	房间 2
3 月 3 日 19:00— 3 月 4 日 07:00	ESIW(A)	OW
3 月 4 日 19:00— 3 月 5 日 07:00	ESIW(B)	OW
3 月 5 日 19:00— 3 月 6 日 07:00	OW	ESIW(C)
3 月 6 日 19:00— 3 月 7 日 07:00	OW	ESIW(D)

在房间室内离地 0.1,1.1,1.8 m 高的 3 个断面、4 条垂线的节点上布置 PT 100 型热电偶^[14],用温控仪^[15]测定和记录每个节点 19:00 到次日 07:00 的温度,进而得到室内平均温度. 模型轴测图,如图 3 所示,图 3 中:房间模型外轮廓为 3.40 m(长) \times 1.84 m(宽) \times 2.70 m(高),构造参数与实测房间相同.

在软件 DeST 中,选取太原市气象参数^[15]对上述房间模型室内温度进行模拟,模拟温度与实测温度比对,如图 4 所示.

由图 4 可知:模拟的室内温度值与实测的温度值曲线走向具有一致性. 4 种保温卷帘节能窗的模拟值与实测值之间的平均偏差分别为 2.71%,3.08%,3.63% 和 3.07%,均方根误差分别为 3.05%,4.15%,4.02% 和 4.18%. 由此可知,利用 DeST 软件模拟各种节能保温窗的节能保温性能具有较好的可信度^[16].

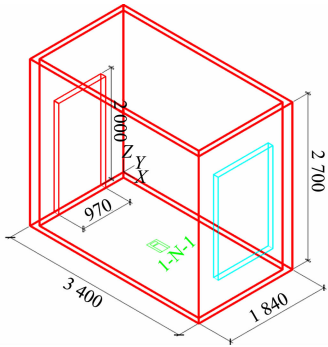


图 3 模型轴测图(单位: mm)
Fig. 3 Model axonometry (unit: mm)

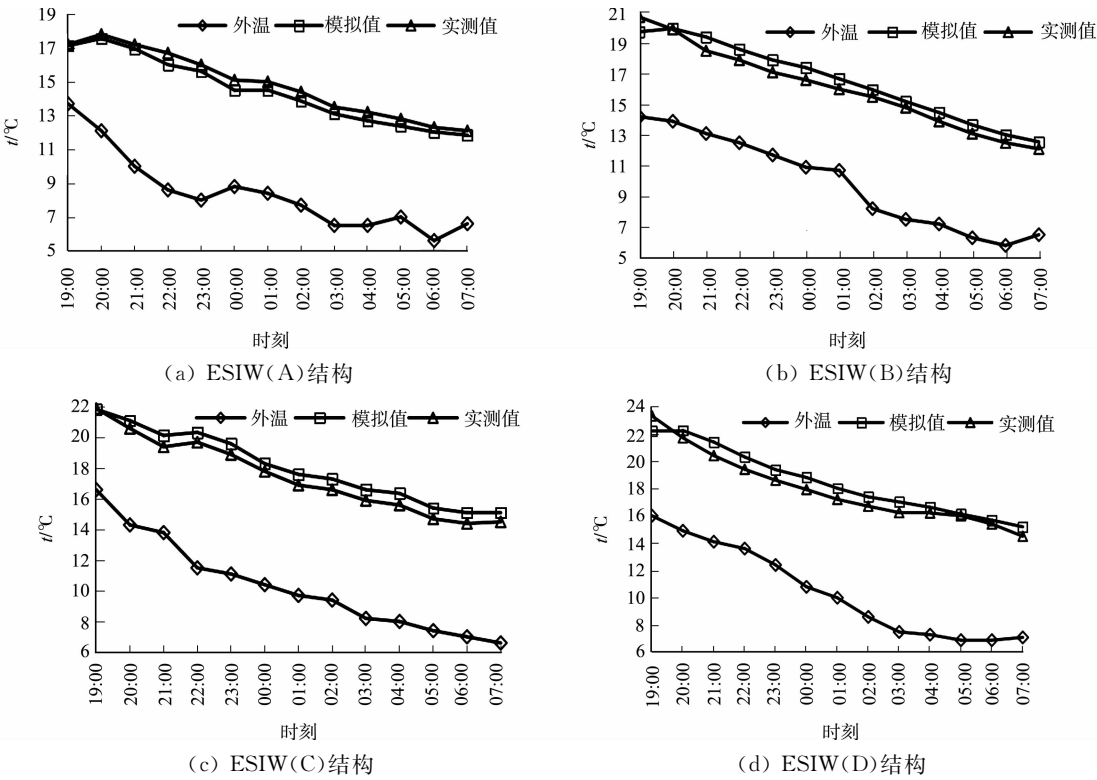


图 4 模拟温度与实测温度比对

Fig. 4 Comparison between simulated temperature and measured temperature

2 模拟结果

为全面分析节能窗在不同安装条件下房间的温度场,对模型(图 3)进行单因素分析,然后,对某实际建筑进行正交分析.以最冷日温度及热负荷、最热日温度及冷负荷,以及全年冷热负荷等指标作为分析对象,对比分析不同结构的保温卷帘节能窗对建筑能耗的影响,保温卷帘节能窗全年起落时段为冬季采暖期每个夜间的 19:00 至次日凌晨的 07:00.

2.1 不同结构的保温卷帘节能窗对典型日冷热负荷的影响

对太原市的气象资料进行调查,由调查分析得知:全年最冷日为 1 月 5 日,最低温度为 -17.10°C ,最高温度为 -3.50°C ,日平均温度为 -10.05°C ;全年最热日为 7 月 31 日,最低温度为 21.70°C ,最高温度为 32.70°C ,日平均温度为 27.03°C .OW 结构对应的最冷日、最热日室内热负荷,如图 5,6 所示. ESIW(C)结构对应的最冷日、最热日室内热负荷,如图 7,8 所示. 图 5~8 中: η 为窗墙比; Q_h 为热负荷; Q_c 为冷负荷.

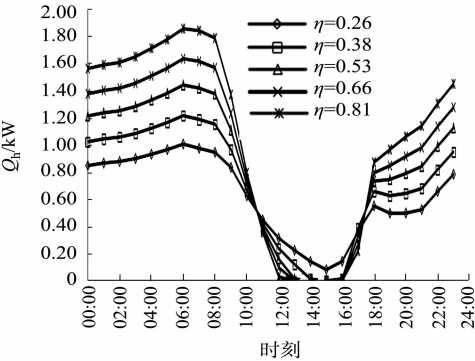


图 5 OW 结构对应的最冷日室内热负荷

Fig. 5 Indoor heat load distribution of OW structure on coldest day

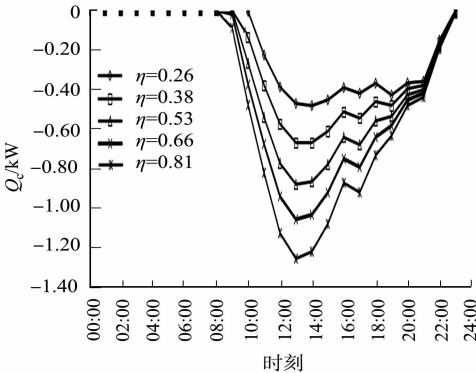


图 6 OW 结构对应的最热日室内冷负荷

Fig. 6 Indoor cold load distribution of OW structure on hottest day

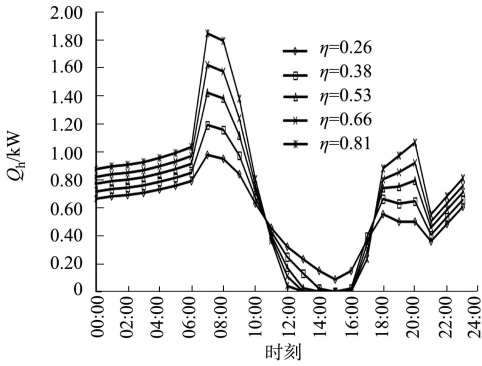


图 7 ESIW(C)结构对应的最冷日室内热负荷
Fig. 7 Indoor heat load distribution of ESIW(C) structure on coldest day

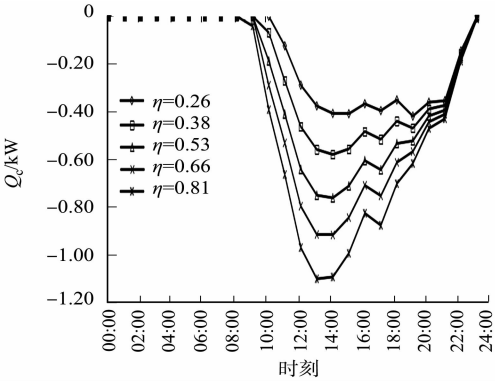


图 8 ESIW(C)结构对应的最热日室内冷负荷
Fig. 8 Indoor cold load distribution of ESIW(C) structure on hottest day

由图 5 可知:窗墙比对于建筑冷热负荷有着巨大的影响,OW 结构从 20:00 到次日 10:00,最冷日热负荷随着窗墙比的增大而增大,意味着这一时段主导规律是夜间更大的窗户面积带来更多的失热,从 10:00 到 20:00,最冷日热负荷都随着窗墙比的增大而减小,意味着这一时段主导规律是白天有太阳辐射,更大的窗户面积带来了更多的太阳辐射得热.因此,窗墙比并不需要一味予以限制,太小会影响采光,白天窗墙比大一些,反而容易获取太阳得热;当夜间放下保温卷帘后,在保温时段,不同窗墙比的房间温度差异不再明显,也就是说,温度随着窗墙比降低的趋势减弱.当使用 OW 结构时,冬季室内逐时热负荷在白天不大,不需要额外处理,但在整个夜间都处于高位,因此,防护重点在夜间.

由图 5,7 可知:当夜间使用了 ESIW(C)结构时,夜间热负荷高位时段明显收窄,热负荷明显下降.虽然在夏季增加窗墙比,一定程度上增加冷负荷,但是在南侧窗户上安装了外置的 ESIW(C)结构,可以起到遮阳的作用.由图 6,8 可知:当窗墙比为 0.81 时,OW 结构最热日的峰值冷负荷从的 1.21 kW 降为 ESIW(C)结构的 1.09 kW.如果遮阳板宽度适度增加,遮阳效果更好,冷负荷就会降低,因此,南窗安装 ESIW(C)结构较为适宜.

2.2 不同窗户结构对建筑全年能耗的影响

以全年各项指标的汇总数据为基础,在 5 种窗墙比条件下,安装 4 种窗户结构,负荷下降率、负荷与窗户结构的关系,如图 9 所示.图 9 中: R_c 为冷负荷下降率; R_h 为热负荷下降率.

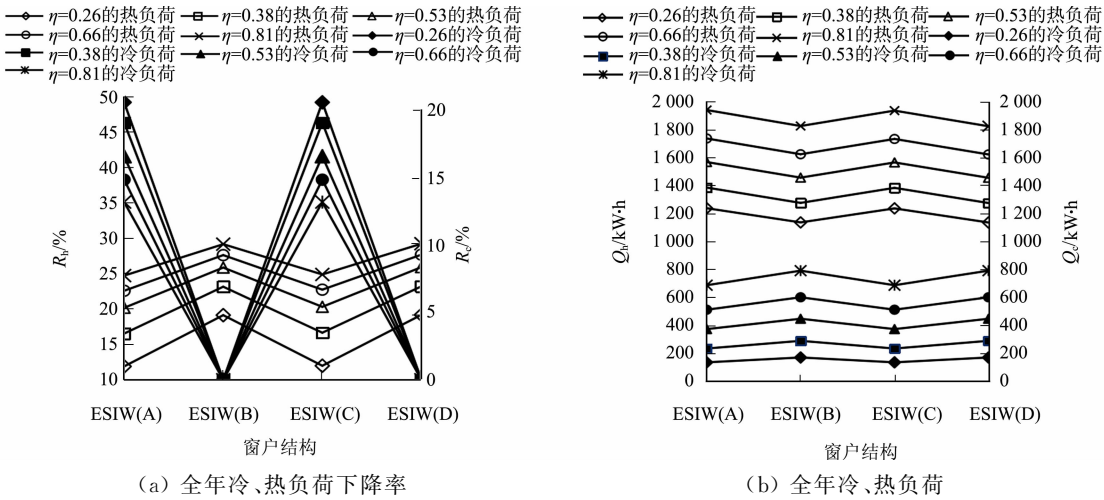


图 9 负荷下降率、负荷与窗户结构的关系

Fig. 9 Relationship among load drop rate, load drop and window structure

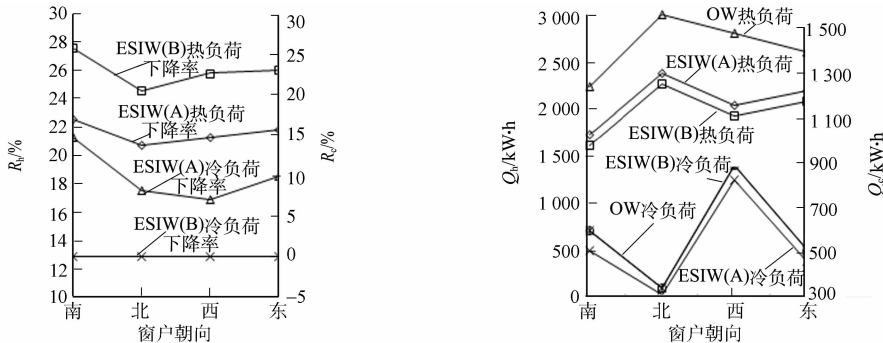
由图 9(a)可知:无论哪种窗墙比水平,对于热负荷下降率都是 ESIW(A)结构最低,ESIW(C)结构, ESIW(B)结构, ESIW(D)结构依次增大,代表了各种结构不同的隔热保温性能;对于冷负荷下降率都是 ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构相同, ESIW(B)结构和 ESIW(D)结构为零,代表了各种结构不同的遮阳降温性能.

保温卷帘只是在冬季采暖季夜间放下,其余时间都处于升起状态,在冬季夜间可以起到阻止热量由室内向室外逸散的作用,有利于降低房间的热负荷. 安装于玻璃窗外的 ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构,有 10%~25% 不等的热负荷下降率,但由于有冷空气渗入,以及全年卷帘盒遮阳等因素的影响,普遍低于安装于窗内的 ESIW(B)结构和 ESIW(D)结构,其有 20%~30% 不等的热负荷下降率. 安装于玻璃窗外的 ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构,由于有卷帘盒自身常年对阳光的遮挡效果,都有 10%~20% 不等的冷负荷下降率,安装于玻璃窗内的 ESIW(B)结构和 ESIW(D)结构,卷帘盒在室内,没有遮阳效果,所以冷负荷下降率为零. 热负荷下降率都随着窗墙比的增加而增加,可从 11% 增加到 25%,反映了增加窗墙比对建筑能耗的促进作用,同时,增加窗墙比有利于冬季白天太阳辐射热量的增加. 对于冷负荷下降率,ESIW(B)结构和 ESIW(D)结构无论对于哪种窗墙比都没有遮阳作用,下降率都为零,ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构都是随着窗墙比的增加下降率降低,从 20% 减少到 13%,代表了增加窗墙比对夏季遮阳效果的制约作用.

由图 9(b)可知:更多的窗户面积代表了夏季白天更多的太阳辐射得热,全年冷负荷也都随着窗墙比的增加而增加.

2.3 窗户朝向的对建筑能耗的影响

建筑朝向主要是建筑的主要立面所面对的方向,模型中是指窗户所在立面所面对的方向. 当 $\eta=0.66$ 时,对比分析 OW, ESIW(A)和 ESIW(B)结构 3 种窗户分别处于东、南、西、北对建筑能耗的影响. 负荷下降率、负荷与窗户朝向的关系,如图 10 所示.



(a) 全年冷、热负荷下降率 (b) 全年冷、热负荷

图 10 负荷下降率、负荷与窗户朝向的关系

Fig. 10 Relationship among load drop rate, load drop and window orientation

由图 10(a)可知:冬季夜间放下卷帘后,无论是哪种保温卷帘节能窗,热负荷下降率在窗户朝向方面呈现了较为一致的趋势,在朝向为南时,下降率最高,为 22.5%~27.8%,在朝向为北时,下降率最低,为 20.9%~24.3%,朝向为东、西时下降率居中;安装有 ESIW(B)结构的房屋,热负荷下降率要稳定地高于安装了 ESIW(A)结构的房屋.

由图 10(b)可知安装了 ESIW(A)结构和 ESIW(B)结构的房屋相比于安装 OW 结构的房屋,热负荷随着朝向的改变走向大体一致,但是明显下降;当窗户朝向为西时,安装有节能保温卷帘的房屋热负荷会相对于安装 OW 结构的房屋,会有一个陡降,这也反映了安装了节能保温卷帘后,使得朝向为西时夜间失热更少,白天得热成为其主要因素,故而热负荷下降较为明显.

夏季全天都不放下卷帘的背景下,安装了 ESIW(B)结构的房屋,没有任何遮阳措施,每个朝向的冷负荷下降率都为零,安装了 ESIW(A)结构的房屋,在不同的朝向的遮阳效应不同,因而在朝向为南时,下降率最高,达到 14.8%,朝向为北时,下降率最低,为 7.1%,朝向为东、西时下降率居中,分别为 8.2% 和 10.0%. 安装有 ESIW(B)结构的房屋曲线与安装了 OW 结构的房屋曲线重合,验证了其冷负荷下降率为零的结论. 安装了 ESIW(A)结构的房屋冷负荷相比安装 OW 结构的房屋,随朝向的改变走向大体一致,冷负荷值则有较为明显的下降. 由于太阳西晒的作用,普通窗户房屋的冷负荷在窗户朝向为西时最高,因此,在这个方位有遮阳效应,冷负荷下降量实际上是比较大的,但是由于基数太大,所以冷负荷下降率比较小;而在南向常年有太阳辐射,遮阳效应同样会带来较大的冷负荷下降,但是由于没有下午

西向的西晒集中,未遮阳时,冷负荷下降率最大.

2.4 遮阳板宽度对建筑能耗的影响

遮阳板宽度是指遮阳板边缘与窗户的距离,是遮阳功能最重要的参数.当 $\eta=0.53$ 时,对比分析 OW 结构、ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构 3 种窗户分别在遮阳板宽度为 0.5,1.0,1.5 m 对建筑能耗的影响.建筑全年负荷下降率、负荷与遮阳板宽度的关系,如图 11 所示.

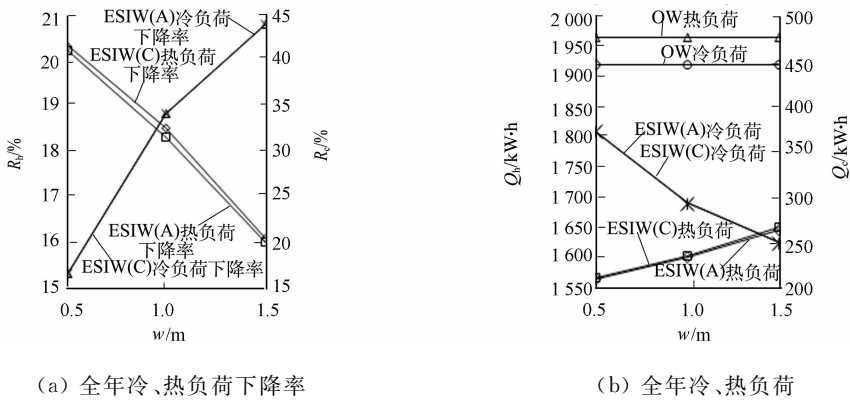


图 11 负荷下降率、负荷与遮阳板宽度的关系

Fig. 11 Relationship among load drop rate, load drop and visor width

由图 11(a)可知:两种安装于玻璃之外的 ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构的房间,随着结构外置卷帘盒遮阳板宽度的增加,阻挡了一部分太阳光,减少了冬季白天太阳辐射得热,从而降低了房间自然温度,进而增加了热负荷;而没有遮阳板的普通窗户的热负荷未发生变化,导致了热负荷下降率的减少.

由图 11(b)可知:在夏季白天,两种安装于玻璃之外的 ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构的房间,可以有效利用结构外置卷帘盒遮阳板宽度阻挡部分太阳光,减少了夏季白天太阳辐射得热,降低了房间温度,减少了冷负荷,由于整个夏季并不放下卷帘,对热负荷无影响,所以遮阳板宽度是唯一制约作用, ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构的冷负荷曲线是重合的.冷负荷随遮阳板宽度增加而减少,而没有遮阳板的普通窗户的冷负荷未变化,故冷负荷下降率随之增大.

2.5 3 因素 4 水平正交分析

在单因素实验的基础上,以太原市全年气候参数为环境背景,对一栋 5 层实际公共建筑进行 3 因素 4 水平正交分析.标准层,如图 12 所示.

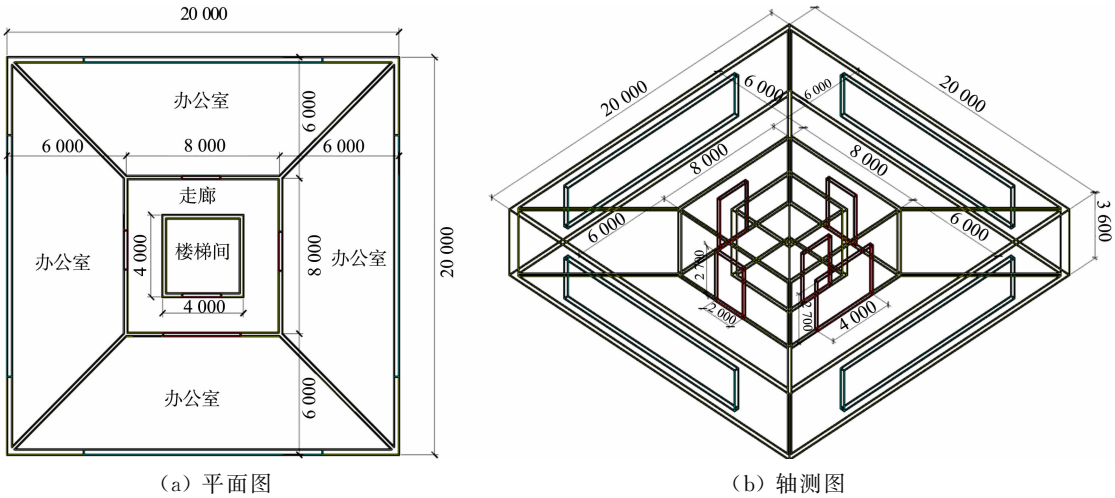


图 12 标准层示意图(单位:mm)

Fig. 12 Standard floor (unit: mm)

实际建筑外立面结构尺寸为 20.0 m(长) \times 20.0 m(宽) \times 18.5 m(高);楼层数为 5 层;每层窗户数量为 4 个;层高为 3.6 m.实际建筑物围护结构参数,如表 4 所示.正交因素和水平配置表,如表 5 所示.以建筑全年的单位面积冷、热负荷为考核指标,得出节能保温卷帘的最佳安装模式.

表 4 实际建筑物围护结构参数
Tab. 4 Actual building envelope structural parameters

构件	结构	d/mm	$\lambda/\text{W}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$	$k/\text{W}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{K})^{-1}$
保温外墙	混凝土外墙(200 mm)+聚苯板(50 mm)	300	0.866	0.977
内墙	混凝土隔墙(180 mm)	220	0.159	2.569
保温屋顶	加气混凝土保温屋面	350	1.074	0.812
楼板	钢筋混凝土楼板	125	0.098	3.054
楼地	混凝土楼地(40 mm)	60	0.249	0.860
门	实木复合门	25	2.850	1.960

正交结果表明:对于冬季的热负荷,3 种因素的权重依次为窗墙比、保温卷帘安装结构、保温卷帘安装朝向.窗墙比是第 1 关键因素,最好水平是 0.38,平均热负荷仅为 $36.17\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;保温卷帘安装结构是第 2 关键因素,ESIW(D)具有相对最低的热负荷,仅为 $38.00\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;保温卷帘安装朝向也比较重要,其最好水平是北向,热负荷仅为 $38.80\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,说明将保温卷帘安装于北向窗户的意义最大,其次为南向,安装在东、西向窗户外边的实用性相对较小;采用 ESIW(D)结构,当窗墙比从 0.38 增到 0.81,全年热负荷指标仅从 $35.63\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 增加到 $41.39\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,并没有大幅增加,所以采用了节能保温卷帘后,冬季南、北两个方向都可适当扩大窗墙比.

表 5 正交因素和水平配置表
Tab. 5 Orthogonal factors and levels profile

水平	η	保温卷帘安装结构	保温卷帘安装朝向
1	0.38	ESIW(A)	东
2	0.53	ESIW(B)	南
3	0.66	ESIW(C)	西
4	0.81	ESIW(D)	北

对于夏季的冷负荷,3 种因素的权重依次为窗墙比、保温卷帘安装结构、保温卷帘安装朝向.窗墙比是第 1 关键因素,其最好水平是 0.38,平均冷负荷仅为 $11.40\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;保温卷帘安装结构是第 2 关键因素,ESIW(A)和 ESIW(C)结构由于有遮阳板的存在,为最佳水平,平均冷负荷仅为 $17.76\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;保温卷帘安装朝向也比较重要,其最好水平是南向,冷负荷仅为 $17.86\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,说明将保温卷帘安装于南向窗户时夏季遮阳的意义最大,其次为西向,安装在东、北向窗户外边对于遮阳效果相对较小;采用 ESIW(C)结构,当窗墙比从 0.38 增加到 0.81,全年冷负荷指标仅从 $11.22\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 增加到 $24.10\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,所以采用自带遮阳效能的节能保温卷帘,即使夏季窗户朝向为南向,也可适度扩大窗墙比.

综合上述正交分析结果,在北向窗户,最佳保温卷帘的结构为 ESIW(D)结构;而在南向窗户,最佳保温卷帘的结构为 ESIW(C)结构,都可以适度突破现行规范中的窗墙比限制.

3 结论

- 1) 安装于窗内的 ESIW(B)结构和 ESIW(D)结构全年热负荷下降率更大,可以达到 20%~30%;热负荷下降率随着窗墙比的增大而增加,冷负荷下降率随着窗墙比的增大不变.
- 2) 安装于窗外的 ESIW(A)结构和 ESIW(C)结构全年冷负荷下降率更大,达到 10%~20%;热负荷下降率随着窗墙比的增大而增加,冷负荷下降率随着窗墙比的增大而下降;热负荷下降率随着遮阳板宽度的增大而减少,冷负荷下降率随着遮阳板宽度的增大而增大.
- 3) 保温窗安装于建筑南向时,全年冷负荷下降率及全年热负荷下降率都最大,全年热负荷最大.
- 4) 南向窗户可以安装 ESIW(A)结构或 ESIW(C)结构,在窗墙比为 0.6 和遮阳板框至少为 1 m 的情况下,可以有效降低冷、热负荷;北向窗户可以安装 ESIW(B)结构或 ESIW(D)结构,配置 0.4 左右的窗墙比,可以有效降低冬季热负荷.
- 5) 结合单因素和正交分析结果,普通玻璃窗使用了节能保温卷帘,可适度突破现有规范中对各个朝向窗墙比的限制;如果升级为以中空玻璃为基础,配置节能保温卷帘后,白天升起卷帘采光得热,夜间放下卷帘以减少失热,能起到更好的隔热保温效果,是一种较为灵活和理想的保温模式.

参考文献:

[1] 中国建筑节能协会. 中国建筑节能现状与发展报告(20132014)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.

[2] 张虎. 安徽省城镇既有建筑外门外窗节能改造探讨[J]. 建筑节能, 2011, 39(246): 71-73. DOI:10. 3969/j. issn. 1673-7237. 2011. 08. 021.

[3] 石金凤, 李安桂. 西安地区外墙经济保温层厚度研究[J]. 建筑技术及设计, 2008(9): 78-83. DOI:10. 3969/j. issn. 1674-6635. 2008. 09. 018.

[4] 彭洋, 沈佑竹, 董军, 等. 新型铝合金节能窗传热系数和简化计算[J]. 新型建筑材料, 2016, 43(9): 111-114. DOI:10. 3969/j. issn. 1001-702X. 2016. 09. 031.

[5] 冷超群, 李长城, 曲梦露. 建筑节能设计[M]. 北京: 航空工业出版社, 2016.

[6] 肖先波, 曹毅然, 李德荣. 夏热冬冷地区水平遮阳板深度与建筑能耗之间的关系[J]. 工业建筑, 2014, 44(4): 49-51. DOI:10. 13204/j. gyjz201404011.

[7] 王金奎, 史慧芳. 窗墙比在公共建筑节能设计中的应用[J]. 低温建筑技术, 2010, 9: 102-103. DOI:10. 3969/j. issn. 1001-6864. 2010. 09. 042.

[8] 原瑞增, 吴玉杰, 贾云飞, 等. 基于 DEST 的近零能耗建筑负荷特性研究: 以寒冷地区居住建筑为例[J]. 节能, 2019, 38(2): 4-7. DOI:10. 3969/j. issn. 1004-7948. 2019. 02. 002.

[9] 金国辉, 赵茜健. 呼包鄂地区住宅建筑围护结构节能潜力的 DeST 正交模拟[J]. 土木工程与管理学报, 2016, 33(6): 63-66. DOI:10. 3969/j. issn. 2095-0985. 2016. 06. 012.

[10] 崔向玉. 建筑节能窗的功能化发展趋势[J]. 建筑工程技术与设计, 2018, 2: 21-24. DOI:10. 3969/j. issn. 2095-6630. 2018. 02. 041.

[11] 王丽红. 严寒地区的门窗与建筑节能[J]. 工程建设与设计, 2015(1): 41-43. DOI:10. 13616/j. cnki. gcjsysj. 2015. 01. 006.

[12] 杨长军. 利用 DEST 模拟窗户对建筑能耗的影响[J]. 制冷与空调, 2012, 26(6): 572-574. DOI:10. 3969/j. issn. 1671-6612. 2012. 06. 011.

[13] 丁力. 建筑外窗及窗玻璃对建筑节能的影响研究[J]. 低碳世界, 2017(1): 127-129. DOI:10. 3969/j. issn. 2095-2066. 2017. 01. 084.

[14] 罗志冬, 胡松涛, 刘光乘. 某医院空调系统冷热源的经济性对比分析[J]. 青岛理工大学学报, 2015, 36(3): 68-71, 89. DOI:10. 3969/j. issn. 1673-4602. 2015. 03. 013.

[15] 李春娥, 韩喜莲, 蔡颖. 基于 DeST 模拟的外墙经济保温层厚度的分析[J]. 制冷与空调, 2015, 29(1): 60-63. DOI:10. 3969/j. issn. 1671-6612. 2015. 01. 013.

[16] 阮方, 章伟, 钱匡亮. 基于 DeST 的夏热冬冷地区居住建筑人行为能耗模拟验证[J]. 建筑节能, 2017, 45(311): 1-6. DOI:10. 3969/j. issn. 1673-7237. 2017. 01. 001.

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 刘源岗)