

西北地区居住建筑太阳能采暖保证率

刘艳峰, 鱼亚丽, 孔 丹

(西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要: 分析了拉萨、西安和西宁三地居住建筑在不同层数和保温要求组合条件下的采暖负荷; 研究了拉萨多层居住建筑热负荷随窗墙面积比变化规律, 以及单层传统民居在不同保温状况及有无附加阳光间时的热负荷. 结果表明: 各地的太阳辐射强度决定地区间的太阳能采暖保证率差别; 太阳能采暖保证率随楼层减少、南向窗面积增大而升高. 若对拉萨单层传统民居采取保温措施, 并设置阳光间, 可明显降低主动太阳能采暖集热器面积.

关键词: 居住建筑; 采暖; 太阳能保证率; 热负荷

中图分类号: TK 511⁺. 2 文献标志码: A 文章编号: 1006-7930(2011)02-0272-05

我国建筑耗能占全国商品能源的 21%~24%, 其中采暖耗能占民用建筑总能耗的 56%~58%^[1]. 我国西北地区属于一二类太阳能密度划分区, 具有利用太阳能采暖条件. 赵西平^[2] 根据西北地区地理气候特征和围护结构现状, 测算了既有居住建筑的能耗, 发现当地围护结构节能改造潜力巨大. 熊安华^[3] 对西藏政法委某住宅作太阳能采暖设计并测试其室温, 表明该系统日集热量可满足房间供暖要求; 潘云钢等^[4] 通过对拉萨火车站供暖系统各子系统参数计算分析, 提出以太阳能为采暖热源时应注意的问题; 文献[5] 在设计了太阳能供暖系统, 并测试水箱温度场、速度场, 从而验证模拟分析结论. 以上研究对我国太阳能采暖的应用和推广都起到了积极作用, 但目前对西北地区太阳能采暖适用性, 尤其是各地太阳能采暖保证率能达到什么程度尚未见系统性的研究. 工程设计人员亦缺少相关设计指导意见.

本文拟通过数值模拟研究西安、西宁及拉萨地区在不同保温程度, 南向窗墙面积比和层数等组合条件下的建筑热负荷变化, 以期得到以上参数对太阳能采暖保证率的影响规律.

1 理论分析

太阳能采暖保证率是指集热器所集有效太阳能热量与供给建筑耗热量之比, 即:

$$f=Q_u/Q_g \tag{1}$$

式中: Q_u 为集热器有效太阳能集热量, W. 根据文献[6]:

$$Q_u=A_cF_R[S(\tau)-U_L(T_{f,i}(\tau)-T_a(\tau))] \tag{2}$$

其中: A_c 为集热器面积, m^2 ; F_R 为热迁移因子, 即实际换热量与最大可能换热量之比; $S(\tau)$ 为吸收面吸收的太阳辐照度, W/m^2 ; U_L 为集热器热损失系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; $T_{f,i}(\tau)$ 、 $T_a(\tau)$ 分别为进入集热器流体温度、室外空气温度, $^\circ C$.

Q_g 为供给建筑的耗热量, W, 根据文献[6]

$$Q_g=MC_W(T_m(\tau)-T_h(\tau)) \tag{3}$$

其中: M 为系统水流量, kg/s ; C_W 为比热容, $J/(kg \cdot ^\circ C)$; $T_m(\tau)$ 、 $T_h(\tau)$ 分别为采暖系统供、回水温度, $^\circ C$. 本文中 Q_g 应采用逐时值, 故通过数值模拟得出.

2 实例模拟分析

利用 DeST 软件输入每组模拟条件, 包括气象参数、保温状况、楼层及室内温度设定值等, 得出典型日建筑热负荷曲线. 由各地太阳辐射强度条件(图 1), 计算得出得有效太阳辐射量曲线. 计算中, 供热系统热量损失取 20%^[7], 集热器效率取 0.5^[8]. 利用 Origin 软件对以上曲线图进行拟合积分, 得到典型日各条件下建筑负荷累计值和太阳辐射能量总值及, 利用式(1)得到太阳能采暖保证率规律.

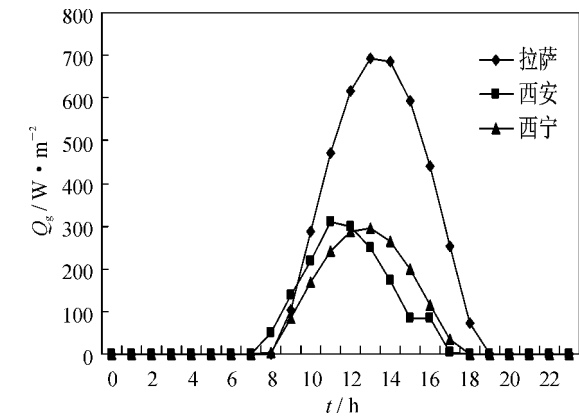


图 1 三地冬季典型日太阳辐射规律

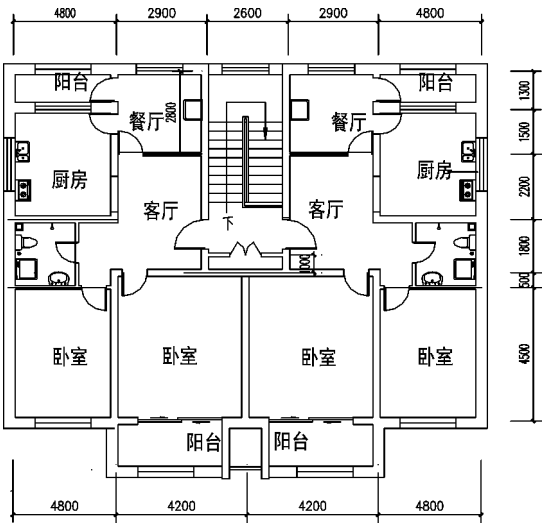


图 2 典型多层建筑平面图

2.1 分析条件

以西北某典型住宅为模拟对象, 建筑层数分别取为二层、四层及六层, 每层平面图相同(见图 2); 拉萨单层传统民居平面图见图 3. 图 2 中除储藏室、阳台、楼梯间, 图 3 中除食物储藏室, 其余房间均为连续采暖. 在模拟过程中外窗设置窗帘, 其中南向窗帘 21:00 至次日早 10:00 收起. 计算以 2007 年冬至日的室外气象条件为基准, 室内采暖设计温度为 18℃. 建筑围护结构热物性参数见表 1.

表 1 各围护结构热工参数

Tab.1 Thermal parameters of the envelopes					
Envelopes	Roof	Wall	Stairwell		Window
			Wall	Door	
Lasha					
K_1	0.812	1.321	2.218	4.65	5.70
K_2	0.585	0.622	1.515	2.68	3.10/4.70
K_3	0.585	1.116	1.515	2.68	
K_4	0.427/ 0.463	0.407/0.487	1.170	1.40	2.20
Xining					
K_5	0.463	0.617	0.901	1.40	3.10
K_6	0.347/ 0.427	0.407/0.487	0.992	1.40	2.20
Xi'an					
K_7	0.585	1.116	1.515	2.68	3.10
K_8	0.427/ 0.463	0.407/0.487	0.992	1.40	3.00

Note: 1. Parameters before / is adopted to building with 1 or 2 floors and after / is adopted to building with 4 or 6 floors in column of roof and wall. 2. Parameters before / is adopted to west or east, and after / is adopted to south in column of windows. 3. The parameters of K_2 is collected according to reference[9], and K_3 , K_5 , K_7 according to reference [10]. 4. The parameters of K_4 , K_6 , K_8 is adopted to 65% building energy efficiency.

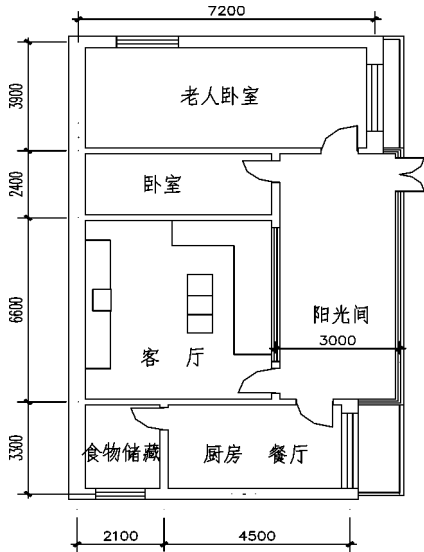


图 3 拉萨传统民居平面图

Fig. 3 Traditional dwelling building in Lhasa

2.2 计算结果

通过模拟得出了在现行节能标准(节能 50%)和达到 65% 节能要求, 窗墙面积比分别为 0.3、0.35、0.5、0.7, 建筑层数分别为 2、4、6 层, 以上不同组合条件下, 拉萨、西安及西宁的建筑热负荷变化规律. 另外, 在不同保温条件和有无附加阳光间时模拟得出了拉萨传统单层民居太阳能采暖保证率及集热器实际铺设面积变化规律. 限于篇幅, 文中只给出部分条件下的建筑热负荷变化规律模拟结果, 见图 4、5.

由图 4 可见, 在现行建筑节能标准条件下, 拉萨地区房间耗热量随南向外窗墙面积比的增大而降低. 说明在拉萨等太阳能丰富的地区, 增大南向外窗面积, 可提高房间太阳能得热量, 有利于提高太阳能采暖保证率. 而由于夜间保温窗帘关闭, 加之围护结构的昼间蓄热量在夜间释放, 故这种规律在夜间更为明显.

而在南向外窗墙面积比一定时, 由图 5 可见, 在拉萨等太阳能丰富地区, 房间耗热量随与建筑层数增大而降低. 分析主要原因在于: 建筑层数约大, 单位建筑面积的屋顶和外墙等外围护结构比率越小.

根据模拟结果, 将太阳能采暖保证率随各参数的变化规律总结于表 2、表 3 及表 4.

由表 2 可见: 在同等建筑条件下, 拉萨太阳能采暖保证率最高, 西宁最小. 是因为拉萨的热负荷与西安相差不大, 但太阳辐射强度明显高于其他两地; 而西宁的太阳辐射强度与西安接近, 但由于当地冬季典型日室外气温低, 而热负荷大. 当地点一定时, 层数越高外围护结构面积越大, 单位建筑面积所分摊的屋顶集热面积就越小, 因此太阳能采暖保证率就越低. 而随着建筑保温要求提高, 其热负荷降低, 太阳能采暖保证率就越高.

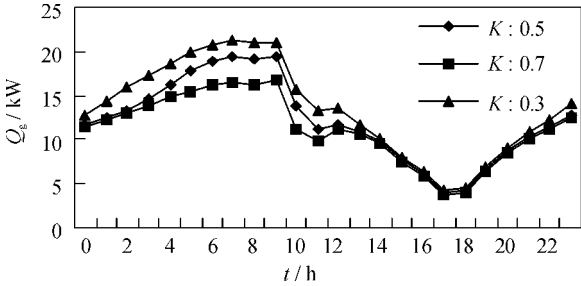


图 4 建筑热负荷与南向窗墙面积比关系
(现行节能标准, 拉萨 2 层建筑)

Fig. 4 Relationship of heat load to southern window-wall ratio
(Active code of energy efficiency, 2 layers building in Lhasa)

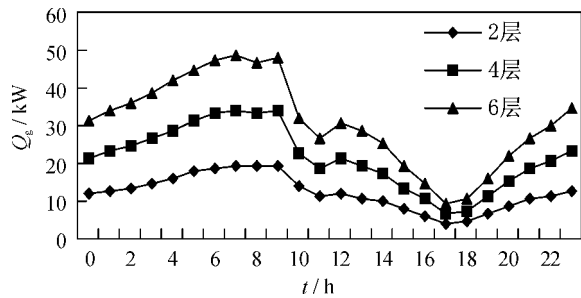


图 5 拉萨地区建筑热负荷与建筑层数关系
(现行节能标准条件下, 南向窗墙面积比为 0.5)

Fig. 5 Relationship of heat load to layers of building in Lhasa
(Active code of energy efficiency, window-wall ratio=0.5)

表 2 各地太阳能采暖保证率(南向窗墙面积比为 0.35)

Tab. 2 Solar fraction in different cities (southern window-wall ratio=0.35)

Calculation condition	50% energy efficiency/ %			65% energy efficiency/ %		
	2 floors	4 floors	6 floors	2 floors	4 floors	6 floors
Lasha	132	73	50	170	92	64
Xi'an	45	25	17	64	29	20
Xining	32	17	11	36	19	13

表 3 拉萨不同窗墙面积比下太阳能采暖保证率

Tab. 3 Solar fraction under different southern window-wall ratio in Lhasa

Energy efficiency Southern window-wall ratio	50%			65%		
	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7
2 floors/ %	129	143	155	168	171	191
4 floors/ %	73	81	85	92	95	104
6 floors/ %	50	56	59	63	66	71

表 4 拉萨单层传统民居太阳能采暖保证率
Tab. 4 Solar fraction of single-layer traditional dwelling building in Lhasa

Calculation condition	Without sunspace		With sunspace	
	Without insulation	50% energy efficiency	Without insulation	50% energy efficiency
$f/\%$	161	203	231	356
$s/\%$	59	34	41	26

Note: f : Solar fraction of covering roof by collectors completely; s : Area ratio of solar collectors to roof.

根据表 3 中的数据, 随南向窗墙面积比提高, 拉萨多层居住建筑太阳能采暖保证率提高; 这是因为随着南向窗面积增大, 直接收益式被动太阳能得热量增加, 事实上降低了建筑热负荷. 因此, 对于太阳能采暖建筑, 突破现行节能标准中窗墙面积比的限值(0.35^[10]), 增加南向窗面积, 并配合窗帘管理, 是有利于提高太阳能采暖保证率的.

由表 4 可见, 拉萨地区单层传统民居的屋顶面积完全可满足太阳能采暖保证率达到 100% 的铺设要求. 若设置阳光间, 集热器面积仅需占有效屋顶面积的 40% 左右即可满足采暖负荷要求; 若能同时考虑按现行节能标准进行保温, 则相应的集热器面积为有效屋顶面积的 25% 左右即可满足采暖负荷要求.

3 结 论

在不考虑周围环境对建筑遮挡、围护结构表面换热系数等取值恒定等条件下. 通过以上分析可得出以下结论:

(1) 对于在同等条件下的居住建筑, 各地的太阳辐射强度决定地区间的太阳能采暖保证率差别. 太阳辐射强度高的拉萨太阳能采暖保证率在西安、西宁、拉萨三地中最高.

(2) 当保温要求和南向窗墙面积比一定时, 太阳能采暖保证率随楼层减少而升高. 因此低层建筑更有利于采用太阳能采暖.

(3) 当保温要求和楼层数一定时, 太阳能采暖保证率随南向窗墙比增大而升高. 增加南向窗面积, 并配合窗帘管理, 有利于提高太阳能采暖保证率.

(4) 拉萨地区单层传统民居的屋顶面积完全可满足太阳能采暖保证率达到 100% 的铺设要求. 若采取保温措施, 并设置阳光间时, 可明显降低主动太阳能采暖集热器面积.

参考文献 References

[1] 江 亿. 我国建筑耗能状况及有效的节能途径[J]. 暖通空调, 2005, 35(5): 30-40.
JIANG Yi. Current building energy consumption in China and effective energy efficiency measures [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2005, 35(5): 30-40.

[2] 赵西平, 王景芹, 吕 玮, 等. 寒冷地区既有居住建筑能耗现状分析[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2010, 42(3): 427-430.
ZHAO Xi-ping, WANG Jing-qin, LV Wei, et al. Analysis on energy consumption of existing building in cold regions [J]. J. Xi'an University of Architecture & Technology : Natural Science Edition, 2010, 42(3): 427-430.

[3] 熊安华. 太阳能低温热水采暖系统在拉萨地区的应用研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008 .
XIONG An-hua. On space heating application of solar low-temperature water heating system in Lhasa [D]. Shanghai : Shanghai Jiaotong University, 2008.

[4] 潘云钢, 金 健. 太阳能在拉萨火车站供暖系统中的应用[J]. 暖通空调, 2007, 37(6): 53-58.
PAN Yun-gang, JIN Jian. Application of solar energy to heating system in Lhasa Railway Station [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2007, 37(6): 53-58.

[5] 高金水. 太阳能供暖系统分析[D]. 天津: 天津大学, 2005.
GAO Jin-shui. Analysis on solar energy heating system [D]. Tianjin: Tianjin University, 2005.

[6] 张鹤飞. 太阳能热利用原理与计算机模拟[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2004.
ZHANG He-fei. The principle of solar thermal utilization and computer simulation [M]. Xi'an: North West University of Technology Press, 2004.

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[7] GB50364-2005, 民用建筑太阳能热水系统应用技术规范[S] . 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
GB50364-2005, Code of solar water heating system application technology for civil building [S] . Beijing: China Architecture Industry Press, 2005.

[8] 涂爱民, 董 华, 周恩泽. 太阳能热泵-地板辐射供热系统实验研究[J] . 暖通空调, 2007, 37(1): 106-112.
TU Ai-min, DONG Hua, ZHOU En-ze. Experimental study on combined solar-assisted heat pump and radiant floor heating systems [J] . Heating Ventilating & Air Conditioning, 2007, 37(1): 106-112.

[9] DB54/ 0016-2007, 西藏自治区居住建筑节能设计标准[S] . 拉萨: 西藏人民出版社, 2009.
DB54/ 0016-2007, Design standard for energy efficiency of residential buildings in Tibet Autonomous Region [S] . Lasa: Tibetan People's Publishing House, 2009.

[10] JGJ26-95. 民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)[S] . 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.
JGJ26-95., Design standard for energy efficiency of residential buildings (Heating residential buildings) [S] . Beijing: China Architecture Industry Press, 1995.

Solar fraction of residential building in north-west China

LIU Yan-feng, YU Ya-li, KONG Dan

(School of Environment & Municipal Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract Heating loads of residential buildings in Lhasa, Xi'an and Xining under combination conditions of different insulation, storey and window-wall ratio were analyzed. Single-layer traditional dwelling building in Lhasa City was also studied in different conditions. The results showed that: values of solar fraction in different cities depend on the local solar radiation, increasing with less layers and larger southern window. The collector area of active solar heating system can reduce significantly in single-layer traditional dwelling building with good insulation and sunspace in Lhasa city.

Key words: residential building; solar fraction; heating; heat load

Biography: LIU Yan-feng, Ph. D., Professor, Xi'an 710055, P. R. China. Tel: 0086-29-82201423, E-mail: liuyanfeng@xauat.edu.cn

(上接第 159 页)

Stability calculation of steel columns with multiple elastic braces

CHEN Shao-fan

(Key Laboratory of Structural and Aseismic Engineering of Education Ministry, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract The stability of axially compressed steel columns with two to four braces are investigated using equilibrium approach or energy approach. Simplified formulas of the elastic critical load of these columns are obtained for different buckling configurations. The coefficient of effective length derived from this elastic critical load can be used in design calculation of steel columns and beam-columns. By investigating the above results, unified approximate formulas are proposed for elastic critical load of columns provided with multiple braces. These formulas not only apply to the case of two to four braces but also to that of more than four braces. Moreover, requirements to be fulfilled by braces are discussed, including stiffness, strength and installation of knee braces, emphasizing the necessity of considering the geometrical imperfection.

Key words: steel column; buckling; elastic brace; critical load; geometric imperfection

Biography: CHEN Shao-fan, Professor, Xi'an 710055, P. R. China. Tel: 0086-29-82202199, E-mail: chensf2@yahoo.com.cn