

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2013.S1.044

## 重庆农村住宅建筑典型外窗采光性能分析

张成昱, 刘 猛, 张青山

(重庆大学 城市建设与环境工程学院; 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

**摘 要:**近年来农村住宅建设进入大建设时期,农村住宅在层数、结构以及居民使用时间上与城市住宅有很大不同,现有研究很少针对农村住宅建筑,并且大多关注优化外窗节能设计而忽视改善室内的光环境,尤其是重庆地区等光气候条件很差的地方。构成外窗主要因子有窗墙比、玻璃类型、外遮阳板等,外窗因子影响采光和空调能耗的程度不同,并且采光和空调能耗之间本身就是对立的。采用室内平均采光系数作为评价参数,针对重庆农村地区,采用 DesignBuilder 软件建立典型农村住宅建筑模型,利用 SPSS 正交试验方法,得到窗墙比、玻璃类型及遮阳板对自然采光影响效应程度大小顺序:窗墙比>玻璃类型>外遮阳板,并通过采光达标情况判定得到了不同玻璃类型和遮阳情况的最小窗墙比。

**关键词:**重庆农村住宅;外窗因子;自然采光;正交试验

**中图分类号:**TU113.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2013)S1-0198-04

## Performance Analysis of Rural Residences External Window Day Lighting in Chongqing Area

Zhang Chengyu, Liu Meng, Zhang Qingshan

(Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering;  
Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-environment of MOE,  
Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

**Abstract:** In recent years, rural residences go into a period of large-scale construction. Rural residences and urban residences are quite different in Layer, construction and service time. Little existing research on rural residences construction, and more research pay attention to optimize the design of the external window energy saving and ignores improving indoor light environment, such as Chongqing area. Main factors of external window are window-wall ratio, window glass types, external shading, etc. The factors influence the lighting and air-conditioning energy consumption at different levels and the consumption between lighting and air conditioning energy are opposite. In this paper, based on the average coefficient of indoor day lighting, use DesignBuilder software establish the model of the typical rural residences and use orthogonal experiment to analyze the results. Get the result; window-wall ratio > window glass types > external shading. And through the lighting standard conditions get the smallest window wall ratio in different glass types and external shading condition.

**Key words:** Chongqing rural residence; external window; day lighting; orthogonal experiment

强农惠农,加快社会主义新农村建设是“十二五”期间的一项重要任务,也是中国经济社会发展的重要战略<sup>[1]</sup>。随着农村经济的发展,农村住宅进入了大建设时期,重庆和国家农村新建住宅面积见图 1<sup>[2-3]</sup>。根据相关研究,农村住宅的能耗在 2008 年已占建筑总能耗的 34%<sup>[4]</sup>。然而目前对建筑节能的重点多放在城市的住宅建筑,对农村住宅建筑节能研究较少。农村住宅在层数、结构以及居民使用时间上与城市住宅有很大不同。建筑外门窗是建筑物外围护结构的重要组成部分,外门窗影响室内自然采光量<sup>[5-7]</sup>,影响建筑能耗<sup>[8-11]</sup>,在建筑节能设计时要综合考虑外门窗对采光和能耗的综合

影响<sup>[12]</sup>,不能单纯追求减少窗墙比和一味提高外窗隔热性能来达到减少建筑能耗的目的,同时要考虑室内的自然采光的的要求。舒适的室内光环境设计是很重要的,不仅能够使人的生理产生很舒适的视角环境的因素外,还可以减少照明时间,可以有效地减少能耗。所以如何优化外门窗在降低能耗的同时增加室内自然采光值是得探究的问题。重庆作为全国统筹城乡综合配套改革试验区,在促进区域协调发展和推进改革开放大局中具有重要的战略地位,重庆地区更加注重农村经济的发展和农村住宅建筑建设。重庆属于典型的夏热冬冷地区,冬季湿冷、夏季炎热,日照较少,尤其是农村住

收稿日期:2013-04-10

基金项目:国家十二五科技计划(2013BAJ11B05);中央高校基金重点项目(106112012CDJZR215502);教育部高等学校博士学科点科研基金(20110191120036)

作者简介:张成昱(1989-),女,硕士生,主要从事建筑与土木工程研究,(E-mail)cyz1221@126.com。

宅室内热环境和光环境均较差。本文针对重庆农村地区特有的气候环境与地理条件,深入分析外窗因子对室内自然采光的影响。

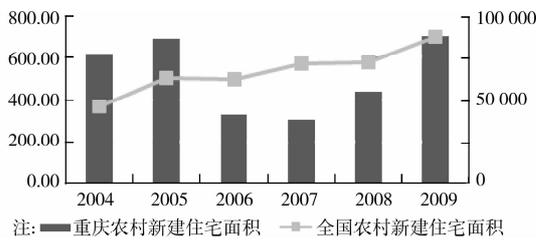


图 1 重庆和全国农村新建住宅面积

## 1 研究方法

减小窗墙比、加强外窗玻璃隔热性能和适当增加外遮阳均能降低建筑能耗,但同时会减少室内自然采光。外窗因子影响采光和空调能耗的程度不同,并且采光和空调能耗之间本身就是对立的。在寻求最佳外窗组合的时候就必须对主要影响因子进行判定。本文利用正交试验方法,对主体间效应进行判定,得到基于自然采光外窗各因子相应影响程度。

1) 首先对重庆地区的农村进行实地调研,得到现阶段当地农村主要建筑形式,分别对住宅外窗朝向、住宅窗墙比、

窗框玻璃类型、外遮阳板进行了归类和分析。在调研基础上参考国家的农村建筑节能设计标准中夏热冬冷地区采用的住宅建筑模型和《重庆市巴渝新农村民居通用图集》建立了重庆地区农村典型住宅建筑模型。采用 DesignBuilder 软件中进行模型采光和空调能耗计算。

2) 利用 SPSS 软件根据外窗体系的各个因子及水平,建立正交试验方案,分析各自对室内自然采光和建筑能耗主体间影响效应。正交试验设计是研究多因素多水平的一种设计方法,它根据正交性从全面试验中挑选出部分有代表性的点进行试验,正交试验设计是分式析因设计的主要方法。正交表具有“均衡搭配”和“整齐可比”的特点。正交试验设计的基本特点是:用部分试验来代替全面试验,通过对部分试验结果的分析,了解全面试验的情况。田口型正交表在国际上广泛使用,特别是强调因素间的交互作用。在试验设计时,需按照各因素的交互作用情况,进行表头设计,以便确定各因素在正交表中的位置。为了区分试验误差与因素变化所引起的试验结果的差异,对试验结果强调进行“方差分析”<sup>[13]</sup>。

## 2 建立典型农村建筑模型

重庆地区农村典型住宅建筑模型见图 2,围护结构按照调研结果常用材料进行设置见表 1。

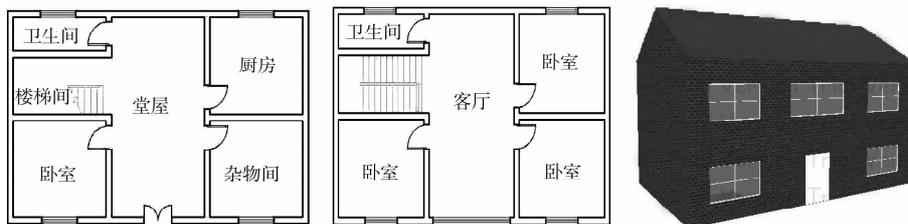


图 2 一层和二层平面图以及典型住宅模型

表 1 建筑模型围护结构详细参数

结构	材料
外墙	白色内石膏涂料+水泥砂浆 20 mm+页岩红砖 240 mm+水泥砂浆抹灰 20 mm+外贴瓷砖 5 mm
地面	120 mm 厚砖砌块+水泥砂浆 20 mm
楼板	水泥砂浆 20 mm, 水泥膨胀珍珠岩 30 mm, 钢筋混凝土 100 mm, 水泥砂浆 20 mm
屋面	油毡瓦 25 mm, 高聚物改性沥青防水卷材 10 mm, 水泥砂浆 20 mm, 矿物棉板 50 mm, 钢筋混凝土 120 mm, 石膏抹灰 20 mm
内墙	20 mm 水泥石膏抹灰, 页岩红砖 240 mm, 20 mm 水泥石膏抹灰
门	木框单层实木门
外窗	窗框采用铝合金外窗, 外遮阳板均为水平外遮阳板(长 1.7 m, 宽 0.5 m)。

## 3 基于自然采光外窗因子显著性分析

结合国家的相关采光设计标准,所使用的 DesignBuilder 软件中的 Radiance 计算核心设置的时候,采用了最不利的采光条件——全阴天模型。窗墙比是根据调研实际情况分段处理得到的各自区间,玻璃类型为常见 5 种类型(具体参数见表 2),外窗体系的因子具体水平见表 3。在模拟过程中,所有的室内门按照现在实际家庭中的习惯,保持不同房间的门是开启的(卫生间除外),所以房间之间的采光是相互影响的。为了方便比较影响自然采光的因素间的程度大小,用住

宅建筑的平均采光系数作为评价指标。最后采用 SPSS 进行正交试验分析,见表 4,得到各因子的 F 值(置信度 95%)见图 3。

表 2 建筑模型采用玻璃的主要参数

代号	玻璃类型	可见光透过率	遮阳系数 Sc	传热系数 $w/(m^2 \cdot K)$
A	单层 6 mm 透明玻璃	0.881	0.921	5.78
B	单层 6 mm 蓝色玻璃	0.57	0.697	5.78

续表 2

代号	玻璃类型	可见光透过率	遮阳系数 $S_c$	传热系数 $w/(m^2 \cdot K)$
C	双层中空玻璃 3+6A+3 mm	0.812	0.857	3.16
D	双层中空玻璃 6+6A+6 mm	0.781	0.787	3.09
E	低辐射中空玻璃 6low-e+6A+6 mm	0.745	0.640	2.43

表 3 影响采光的因素水平

水平	A 窗墙比	B 玻璃类型	C 遮阳板
1	0.1	单层 6 mm 透明玻璃	有
2	0.15	单层 6 mm 蓝色玻璃	无
3	0.2	双层中空玻璃 3+6A+3 mm	
4	0.25	双层中空玻璃 6+6A+6 mm	
5	0.3	低辐射中空玻璃 6low-e+6A+6 mm	
6	0.35		
7	0.4		

表 4 平均采光系数正交试验统计表

卡标识	遮阳板	窗墙比	玻璃类型	平均采光系数/%
1	有	0.3	D	2.44
2	无	0.4	A	4.38
3	无	0.1	C	0.9
4	有	0.2	E	1.52
5	有	0.4	B	1.81
6	无	0.2	D	1.83
7	有	0.35	C	2.98
8	有	0.15	E	1.24
9	有	0.25	B	1.26
10	有	0.35	E	2.54
11	有	0.15	A	1.62
12	无	0.3	B	1.53
13	有	0.35	B	1.58
14	有	0.2	B	1.02
15	无	0.25	A	2.9
16	无	0.15	B	0.93
17	有	0.25	A	2.66
18	无	0.4	A	4.38
19	无	0.25	E	2.15
20	无	0.2	A	2.27
21	有	0.4	D	3.33

续表 4

卡标识	遮阳板	窗墙比	玻璃类型	平均采光系数/%
22	无	0.2	A	2.27
23	无	0.3	E	2.44
24	无	0.3	B	1.53
25	无	0.15	B	0.93
26	无	0.4	C	3.69
27	有	0.4	E	2.95
28	无	0.25	C	2.52
29	有	0.2	C	1.75
30	有	0.25	D	2.13
31	无	0.15	D	1.46
32	有	0.35	A	3.51
33	有	0.15	A	1.62
34	有	0.3	C	2.62
35	无	0.35	B	1.69
36	有	0.25	B	1.26
37	有	0.3	A	3.07
38	有	0.1	A	0.87
39	有	0.1	D	0.76
40	有	0.15	C	1.41
41	无	0.35	A	3.8
42	无	0.1	E	0.8
43	有	0.1	B	0.59
44	无	0.1	B	0.63
45	无	0.35	D	3.01

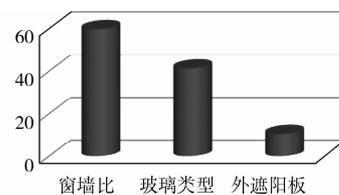


图 3 外窗因子对应的 F 值

由图 3 可以看出,在置信度为 95% 的水平下,窗墙比的 F 值 > 玻璃类型 > 遮阳板,这说明对于农村住宅建筑来说,窗墙比影响室内自然采光的程度要比单纯改变玻璃类型要大,同时改变玻璃类型影响自然采光的程度也比设置遮阳板的要大。这对该地区对改善农村住宅建筑室内光环境提供了设计参考。

文献[14]当窗墙面积比一定时,窗户的  $K$  值越小,建筑的总能耗越少;遮阳是重庆地区切实可行的节能技术措施,降低外窗的遮阳系数可明显降低建筑的空调能耗。文献[15]采暖耗电量与空调耗电量都随窗墙比的增加而呈阶梯状跃升。文献[16]外窗传热系数与采暖能耗呈正相关性,外

窗传热系数减小对采暖有利。由此可知一般窗墙比越小、玻璃类型隔热性能越好和增加外遮阳均可以使住宅空调能耗越小。又由于窗墙比对自然采光的影响程度最大,针对不同的遮阳情况和玻璃类型,在降低能耗的同时要保证最低的采光要求,窗墙比大小的设置需要进一步确定。本文采用评价

内容:农村住宅卧室、起居室的的主要功能房间的 75%的空间满足重庆地区自然采光最小采光系数要求的同时,也满足国家的《建筑采光设计标准》(GB/T 50033—2001)的规定。工作面的高度定为 0.75 m。基于采光分析,不同遮阳、玻璃类型和窗墙比组合下,自然采光达标情况见表 5。

表 5 不同情况下的室内自然采光达标情况

外遮阳	玻璃类型	窗墙比						
		0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
无	单层 6 mm 透明玻璃	×	×	×	√	√	√	√
	单层 6 mm 蓝色玻璃	×	×	×	×	×	×	×
	双层中空玻璃 3+6A+3 mm	×	×	×	√	√	√	√
	双层中空玻璃 6+6A+6 mm	×	×	×	×	√	√	√
	低辐射中空玻璃 6low-e+6A+6 mm	×	×	×	×	√	√	√
有	单层 6 mm 透明玻璃	×	×	×	√	√	√	√
	单层 6 mm 蓝色玻璃	×	×	×	×	×	×	×
	双层中空玻璃 3+6A+3 mm	×	×	×	×	√	√	√
	双层中空玻璃 6+6A+6 mm	×	×	×	×	√	√	√
	低辐射中空玻璃 6low-e+6A+6 mm	×	×	×	×	×	√	√

备注:×—不达标;√—达标

从表 5 可以看出,对于现有遮阳水平而言,有外遮阳对农村住宅建筑的自然采光来说影响很小。若建筑模型采用蓝色玻璃,在窗墙比为 0.1~0.4 之间时均满足不了室内自然采光要求。采用单层 6 mm 透明玻璃时,在有外遮阳的情况下满足室内自然采光要求的最小窗墙比应不低于 0.25。采用双层中空玻璃 3+6A+3 mm 时,在无外遮阳的情况下,窗墙比的范围必须不小于 0.25 才能满足采光要求;有外遮阳时,窗墙比的范围不应小于 0.3。采用双层中空玻璃 6+6A+6 mm 时,在有外遮阳的情况下,窗墙比的范围均不应小于 0.3。采用低辐射双层中空玻璃 6+6A+6 mm 时,在无外遮阳的情况下,窗墙比的范围必须不小于 0.3 才能满足室内自然采光要求;而有外遮阳时,窗墙比的范围不应小于 0.35。

#### 4 总 结

基于自然采光分析时,对于农村住宅建筑来说,窗墙比影响室内自然采光的程度要比单纯改变玻璃类型要大,同时改变玻璃类型影响自然采光的程度也比设置遮阳板的要大;由于遮阳板对自然采光的影响程度不大,因为增加遮阳板可以适当降低建筑能耗,所以目前农村住宅可以保留现有遮阳型式,农村住宅不宜使用单层 6mm 蓝色玻璃,窗墙比设置在 0.25~0.3 之间较好。

#### 参考文献:

- [1] 张伟兵,范会芳. “十二五”期间中国新农村建设的目标、理念和长效机制[J]. 中州学刊, 2011, 5(3): 115-119.
- [2] 重庆统计年鉴 2005—2010[DB].
- [3] 中国统计年鉴 2005—2010[DB].
- [4] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能发展报告 2011 年[R]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

- [5] Gugliemetti F, Bisegna F. Day lighting with external shading devices: design and simulation algorithms [J]. Building and Environment, 2006, 41: 136-149.
- [6] Singh M C, Garg S N. Illuminance estimation and day lighting energy savings for Indian regions[J]. Renewable Energy, 2010, 35: 703-711.
- [7] Pyonchan I, Abderrezek N, Moncef K. Estimation of lighting energy savings from day lighting[J]. Building and Environment, 2009, 44: 509-514.
- [8] Oral G K. Appropriate window type concerning Building energy consumption for heating[J]. Energy and Buildings, 2000, 32: 95-100.
- [9] Cascone Y, Corrado V, Serra V. Calculation procedure of the shading factor under complex boundary conditions [J]. Solar Energy, 2011, 85: 2524-2539.
- [10] Mari-Louise P, Roos A, Wall M. Influence of window size on the energy balance of low energy houses[J]. Energy and Buildings, 2006, 38: 181-188.
- [11] Hviid C A. Simple tool to evaluate the impact of daylight on building energy consumption[J]. Solar Energy, 2008, 82: 787-798.
- [12] 鲍培瑜. 闽南地区住宅外窗节能设计与应用[D]. 泉州: 华侨大学, 2007.
- [13] 丁振良. 误差理论与数据处理[M]. 2 版. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2002: 86-89.
- [14] 郭静. 重庆地区居住建筑外窗的节能设计研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [15] 侯余波, 付祥钊. 夏热冬冷地区窗墙比对建筑能耗的影响[J]. 建筑技术, 2001, 32(10): 661-662.
- [16] 闫成文, 姚健, 周燕, 等. 夏热冬冷地区外窗传热系数对建筑能耗的影响[J]. 重庆建筑大学学报, 2008, 30(6): 120-122.

(编辑 傅旭东)