

玻璃进深对门窗热工性能的影响

吕艳艳 袁向东 林忠仁 王海龙 唐浩
 河北奥润顺达窗业有限公司, 河北 保定 074000

[摘要] 文章通过对比铝合金窗和铝包木窗配置的不同中空玻璃进深后的传热系数进行模拟计算和数据分析, 总结玻璃进深对门窗传热系数的影响, 同时对比使用不同玻璃进深后窗室内面温度的变化, 总结中空玻璃进深对门窗结露性能的影响。

[关键词] 门窗; 玻璃进深; 传热系数; 结露; 模拟计算

DOI: 10.33142/aem.v2i7.2602

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

Influence of Glass Depth on Thermal Performance of Doors and Windows

LYU Yanyan, YUAN Xiangdong, LIN Zhongren, WANG Hailong, TANG Hao
 Hebei Orient Shunda Window Industry Co., Ltd., Baoding, Hebei, 074000, China

Abstract: By comparing the heat transfer coefficient of different hollow glass depth between aluminum alloy window and aluminum clad wood window, this paper summarizes the influence of glass depth on the heat transfer coefficient of doors and windows, compares the change of indoor surface temperature of rear window with different glass depth and summarizes the influence of insulating glass depth on the condensation performance of doors and windows.

Keywords: doors and windows; glass depth; heat transfer coefficient; condensation; simulation calculation

引言

调查显示, 在我国社会主要能耗中, 建筑能耗已占到全社会总能耗的 40% 以上, 建筑外门窗是建筑外围护结构的重要组成部分, 是建筑物热交换、热传导最活跃的部位, 通过门窗流失的能耗约占建筑能耗的 50%, 换言之, 通过门窗流失的能耗约占社会总能耗的 20%。可见, 建筑外门窗是建筑节能的薄弱环节, 建筑节能的关键是门窗节能技术的提高。

评判门窗节能的一个主要参数是传热系数, 即为 U 值。 U 值越大, 传递的热量愈多, 流失的能量也越多; 反之, 传递的热量愈少, 流失的能量也越少。因此, 降低通过门窗的热量损失主要研究如何降低门窗的 U 值。

玻璃面板在整个门窗之中占 60%~80%, 而玻璃和框搭接的多少也将会影响门窗的 U 值, 如果玻璃和框搭接的尺寸较大, 则门窗厂家的成本会增加, 如果玻璃的框搭接的尺寸较小, 则门窗受力不安全且整窗 K 值会较大 (后文将对此进行讨论), 本文将结合《JGJ113-2015 建筑玻璃技术规程》12.1.1 条规定研究讨论玻璃进深, 即如图 1 所示 A 尺寸对整窗 U 值的影响趋势。

1 门窗结构

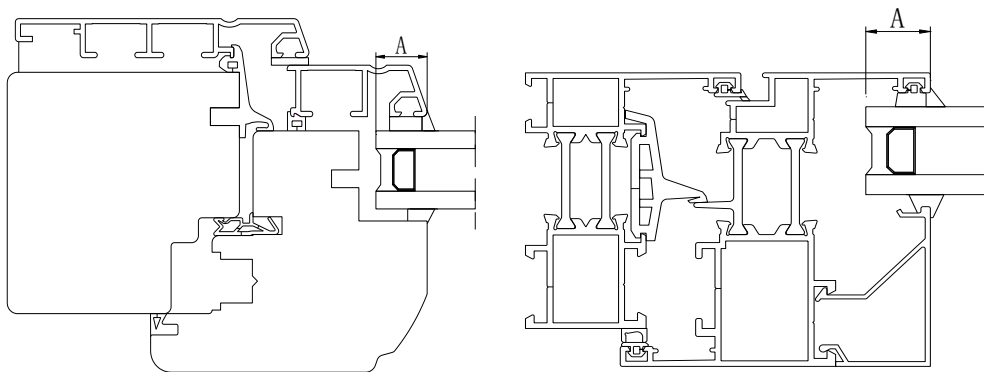


图 1 计算用结构

2 分类说明

本文选用隔热条高度为 24mm 的 64 系列断桥铝合金窗、木框厚度为 68mm 的 68 系列铝包木窗分别配置带一片 Low-E 玻璃的双层中空玻璃（后文简称双玻）和带一片 Low-E 玻璃的三层中空玻璃（后文简称三玻）进行模拟计算，具体分类见表 1。其中，Low-E 玻璃选用南玻 CES11-80_5 China ID: 30209；窗型为 750*1500 单开启，后文提到的制品种类及配置均与表 1 一致。计算参考标准为 JGJ/T 151-2008《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》^[1]，U 值计算边界条件为该规程冬季标准计算条件：

- 室内空气温度 T_{in} : 20.0℃；
- 室外空气温度 T_{out} : -20.0℃；
- 室内对流换热系数 $h_{c, in}$: 3.60W/(m²·K)；
- 室外对流换热系数 $h_{c, out}$: 16.00W/(m²·K)；
- 室内平均辐射温度 $T_{rm, in}$: 20.0℃；
- 室外平均辐射温度 $T_{rm, out}$: -20.0℃。

表 1 本文主要分类说明

制品种类	玻璃配置	玻璃 U 值 W/(m ² ·K)	备注
64 铝合金双玻	5Low-E+12A+5	1.812	24mm 隔热条
64 铝合金三玻	5Low-E+12A+5+12A+5	1.335	
68 铝包木双玻	5Low-E+12A+5	1.808	木框厚 68mm
68 铝包木三玻	5Low-E+9A+5+9A+5	1.495	

3 玻璃进深对热工性能的影响

用上文分类说明中的玻璃配置，对比铝合金窗不同玻璃进深对整窗传热系数的影响。具体数据见表 5。从表 5 可以看出 64 铝合金窗配双玻时玻璃进深为 24mm 时整窗 U 值最低为 2.266W/(m²·K)，其次是玻璃进深为 16mm 时为 2.314W/(m²·K)，而玻璃进深为 14mm 和 15mm 时整窗 U 值最高，分别为 2.471W/(m²·K) 和 2.467W/(m²·K)，最高 U 值与最低 U 值之间相差 0.205W/(m²·K)。64 铝合金窗配三玻时玻璃进深为 26mm 时整窗 U 值最低为 1.978W/(m²·K)，其次是玻璃进深为 18mm 时为 1.98W/(m²·K)，而玻璃进深为 10mm 和 14mm 是整窗 U 值最高，分别为 2.163W/(m²·K) 和 2.127W/(m²·K)，最高 U 值与最低 U 值之间相差 0.183W/(m²·K)。由上述数据可知，玻璃进深的不同对 64 铝合金窗整窗 U 值的影响约为 0.2W/(m²·K)，这对门窗来说已经是一个很大的数值了。另外，如图 2 所示，为《JGJ113-2015 建筑玻璃技术规程》12.1.1 条规定，中空玻璃最小进深为 15mm 或 17mm。综合规范及计算结果，建议门窗厂家将玻璃进深设计为 16~18mm，这样既能保证门窗的安全使用，又能保证门窗的保温性能。

表 2 64 铝合金窗不同玻璃进深时的整窗 K 值

玻璃配置	玻璃进深 mm	框 U 值 W/(m ² ·K)	线传热系数 W/(m·K)	整窗 U 值 W/(m ² ·K)
双玻	10	2.67	0.0811	2.386
	12	2.64	0.0793	2.369
	14	3.04	0.0671	2.471
	15	3.02	0.068	2.467
	16	2.6	0.0751	2.341
	18	2.96	0.0652	2.437

(续表)

玻璃配置	玻璃进深 mm	框 U 值 $W/(m^2 \cdot K)$	线传热系数 $W/(m \cdot K)$	整窗 U 值 $W/(m^2 \cdot K)$
双玻	20	2.91	0.0644	2.416
	22	2.87	0.0643	2.401
	24	2.5	0.0633	2.266
	26	2.79	0.0657	2.378
三玻	10	2.97	0.0742	2.163
	12	2.5	0.0829	2.024
	14	2.89	0.0721	2.127
	15	2.87	0.0716	2.119
	16	2.46	0.0792	1.998
	18	2.43	0.077	1.980
	20	2.77	0.0709	2.081
	22	2.72	0.0729	2.069
	24	2.67	0.076	2.062
	26	2.3	0.0905	1.978

表 3 中空玻璃的最小安装尺寸 (mm)

玻璃公称厚度	前部余隙和后部余隙 a		嵌入深度 b	边缘间隙 c
	密封胶	胶条		
4+A+4	5.0	3.5	15.0	5.0
5+A+5				
6+A+6				
8+A+8	7.0	5.0	17.0	7.0
10+A+10				
12+A+12				

注: A 为气体层的厚度, 其数值可取 6mm、9mm、12mm、15mm、16mm。

用上文分类说明中的玻璃配置, 对比铝包木窗不同玻璃进深对整窗传热系数的影响。具体数据见表 4。从表 4 可以看出 68 铝包木窗配双玻时玻璃进深为 20mm 时整窗 U 值最低为 $1.7W/(m^2 \cdot K)$, 而玻璃进深为 10mm 时整窗 U 值最高, 分别为 $1.787W/(m^2 \cdot K)$, 最高 U 值与最低 U 值之间相差 $0.087W/(m^2 \cdot K)$ 。68 铝包木窗配三玻时玻璃进深为 20mm 时整窗 U 值最低为 $1.547W/(m^2 \cdot K)$, 而玻璃进深为 10mm 时整窗 U 值最高, 为 $1.629W/(m^2 \cdot K)$, 最高 U 值与最低 U 值之间相差 $0.082W/(m^2 \cdot K)$ 。由上述数据可知, 玻璃进深的不同对 68 铝包木窗整窗 U 值的影响约为 $0.08W/(m^2 \cdot K)$, 且整窗 K 值随着玻璃进深的增大而减小。这对铝包木门窗来说也是一个较大的数值。另外, 如图 2 所示, 为《JGJ113-2015 建筑玻璃技术规程》12.1.1 条规定, 中空玻璃最小进深为 15mm 或 17mm。综合规范及计算结果, 建议门窗厂家将玻璃进深设计为大于等于 15mm, 这样既能保证门窗的安全使用, 又能保证门窗的保温性能。

表 4 68 铝包木窗不同玻璃进深时的整窗 K 值

玻璃配置	玻璃进深 mm	框 U 值 W/(m ² ·K)	线传热系数 W/(m·K)	整窗 U 值 W/(m ² ·K)
双玻	10	1.295	0.0641	1.787
	12	1.29	0.0641	1.785
	14	1.22	0.0667	1.763
	15	1.2	0.0644	1.748
	16	1.2	0.0651	1.750
	18	1.18	0.0607	1.727
	20	1.15	0.0562	1.700
三玻	10	1.28	0.0726	1.629
	12	1.2	0.0745	1.600
	14	1.19	0.0744	1.595
	15	1.19	0.0742	1.594
	16	1.19	0.0742	1.594
	18	1.15	0.0722	1.571
	20	1.11	0.0703	1.547

4 玻璃进深对结露性能的影响

《JGJ151-2008 建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》中规定门窗的结露性能评价指标,应采用各个部件内表面温度最低的 10%面积所对应的最高温度值(T₁₀)。在进行门窗结露计算时,计算节点应包括所有的框、面板边缘以及面板中部。

用上文分类说明中的玻璃配置,对比铝合金窗双玻不同玻璃进深对整窗 T₁₀ 的影响。具体数据见表 5。从表 5 可以看出 64 铝合金窗配双玻时玻璃进深为 24mm 时整窗 T₁₀ 值在室外环境温度为-10 和-20 摄氏度时最高,分别为 8.9℃和 5.3℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 48.76%和 38.09%,其次是玻璃进深为 16mm 时整窗 T₁₀ 值。64 铝合金窗配双玻时玻璃进深为 14mm 时整窗 T₁₀ 值在室外环境温度为 0℃、-10℃和-20℃时最低,分别为 11.8℃、7.6℃和 3.5℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 59.19%、44.64%和 33.58%。最高与最低 T₁₀ 对应的湿度相差 4.12%~4.51%。

对比铝合金窗三玻不同玻璃进深对整窗 T₁₀ 的影响。具体数据见表 5。从表 5 可以看出 64 铝合金窗配三玻时玻璃进深为 18mm 时整窗 T₁₀ 值在室外环境温度为 0℃、-10℃和-20℃时最高,分别为 12.3℃、8.6℃和 5℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 61.17%、47.78%和 37.31%,其次是玻璃进深为 16mm 时整窗 T₁₀ 值。64 铝合金窗配三玻时玻璃进深为 10mm 时整窗 T₁₀ 值在室外环境温度为 0℃、-10℃和-20℃时最低,分别为 11.6℃、7.4℃和 3.1℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 58.41%、44.03%和 32.64%。最高与最低 T₁₀ 对应的湿度相差 2.76%~4.67%。可见玻璃进深对铝合金门窗结露性能的影响也很大

可见,对于门窗结露的影响,接合《JGJ113-2015 建筑玻璃技术规程》12.1.1 条规定,64 铝合金窗应保证玻璃进深为 16~18mm 为宜。

表 5 64 铝合金窗不同玻璃进深时的整窗 T10 值

玻璃配置	玻璃进深 mm	T10		
		0~20	-10~20	-20~20
双玻	10	12.3	8.5	4.8

(续表)

玻璃配置	玻璃进深 mm	T10		
		0~20	-10~20	-20~20
双玻	12	12.3	8.6	4.9
	14	11.8	7.6	3.5
	15	13	7.6	3.5
	16	12.4	8.6	5
	18	11.8	7.7	3.6
	20	11.9	7.8	3.8
	22	11.9	7.9	3.9
	24	12.5	8.9	5.3
	26	12	8	4
三玻	10	11.6	7.4	3.1
	12	11.6	7.4	3.1
	14	12.2	8.4	4.7
	15	11.7	7.5	3.3
	16	12.3	8.5	4.8
	18	12.3	8.6	4.9
	20	11.8	7.6	3.5
	22	11.8	7.7	3.5
	24	11.8	7.7	3.5
26	12.2	8.4	4.6	

用上文分类说明中的玻璃配置,对比铝合金窗双玻不同玻璃进深对整窗 T10 的影响。具体数据见表 6。从表 6 可以看出 68 铝包木窗窗配双玻时玻璃进深为 20mm 时整窗 T10 值在室外环境温度为 0℃、-10℃和-20℃时最高,分别为 12.7℃、9℃和 5.3℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 62.8%、49.09%和 38.09%。68 铝包木窗窗配双玻时玻璃进深为 10mm 时整窗 T10 值在室外环境温度为 0℃、-10℃和-20℃时最低,分别为 11.5℃、7.2℃和 3℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 58.2%、43.43%和 31.96%。最高与最低 T10 对应的湿度相差 4.6%~6.13%

对比 68 铝包木窗三玻不同玻璃进深对整窗 T10 的影响。具体数据见表 6。从表 6 可以看出 68 铝包木窗配三玻时玻璃进深为 20mm 时整窗 T10 值在室外环境温度为 0℃、-10℃和-20℃时最高,分别为 13.5℃、10.2℃和 6.9℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 66.17%、53.22%和 42.55%。68 铝包木窗窗配三玻时玻璃进深为 10mm 时整窗 T10 值在室外环境温度为 0℃、-10℃和-20℃时最低,分别为 12.5℃、8.7℃和 5℃,查询湿空气焓湿图可知其对应的湿度分别为 62.8%、48.11%和 37.31%。最高与最低 T10 对应的湿度相差 3.37%~5.24%,配置三玻的窗户 T10 和结露湿度都比配置双玻的窗户要高。可见玻璃进深对铝包木门窗结露性能的影响也很大。

上述可见,对于门窗结露的影响,68 铝包木窗随着玻璃进深的增大整窗地的 T10 值也在同时增大,结露湿度也增大,对应的门窗更不容易出现结露,接合《JGJ113-2015 建筑玻璃技术规程》12.1.1 条规定 68 铝包木窗应保证玻璃进深大于等于 15mm 为宜。

表 6 IV68 铝包木不同玻璃进深时的整窗 T10 值

玻璃配置	玻璃进深 mm	T10		
		0~20	-10~20	-20~20
双玻	10	11.5	7.2	2.8
	12	11.9	7.8	3.6
	14	12	7.9	3.9
	15	12	8	3.9
	16	12.3	8.4	4.5
	18	12.3	8.5	4.6
	20	12.7	9	5.3
三玻	10	12.5	8.7	5
	12	12.9	9.3	5.6
	14	12.9	9.4	5.8
	15	13.2	9.8	6.3
	16	13.2	9.8	6.3
	18	13.3	9.8	6.5
	20	13.5	10.2	6.9

5 结束语

通过对两种典型门窗制品配置不同中空玻璃进深做 U 值、T10 温度模拟计算及分析有如下结论：①64 铝合金在玻璃进深为 16~18mm 时整窗 U 值最小，且结露性能最好；②68 铝包木在玻璃进深为 20mm 时整窗 U 值最小且结露性能最好但是玻璃进深为 20 时成本较高，故接合《JGJ113-2015 建筑玻璃技术规程》12.1.1 条规定，68 铝包木玻璃进深应大于等于 15mm 为宜；③无论对 64 铝合金还是 68 铝包木在玻璃进深相同时都有配置三玻时的 T10 值要比配置双玻时的 T10 值要高，故对于门窗结露性能有严格要求的客户建议选择三玻。

[参考文献]

- [1]高鹏. 行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》发布[J]. 暖通空调, 2008, 38(12): 13.
 [2]宋毅刚. T 公司中空玻璃暖边间隔条商业计划书[D]. 广东: 华南理工大学, 2015.

作者简介：吕艳艳（1991-），女，河北省保定市人，汉族，大学本科学历，中级工程师，研究方向：超低能耗被动式门窗研发设计，门窗强度热工性能研发设计。袁向东（1989-），男，山东省济宁市人，汉族，大学本科学历，初级工程师，研究方向：超低能耗被动式门窗研发设计，古典门窗研发设计。林忠仁（1988-），男，吉林省德惠市人，汉族，大学本科学历，助理工程师，研究方向：超低能耗被动式门窗研发设计、铝合金系统门窗设计开发。王海龙（1988-），男，吉林省吉林市人，汉族，大学本科学历，初级工程师，研究方向：超低能耗被动式门窗研发设计、门窗幕墙五金研发设计。唐浩（1988-），男，河北高碑店市人，汉族，大学本科学历，初级工程师，研究方向：超低能耗被动式门窗研发设计。