

研究与开发

木质单扇防火门的隔热性能分析

徐伟, 吴智慧, 蔡家斌

(南京林业大学家具与工业设计学院, 江苏南京 210037)

摘要: 防火门的隔热性能多是通过耐火试验评价, 目前尚未形成与之配套的理论计算公式。本研究以一款木质单扇防火门为例, 以耐火试验为依据, 综合相关学科知识, 推导防火门隔热性能的理论计算公式。结果表明: 防火门隔热性能的理论计算结果与耐火试验结果相符, 理论计算公式可为防火门隔热性能评价, 提供依据和参考。

关键词: 木质单扇防火门; 隔热性能; 理论公式

中图分类号: TS6

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2010)05-0017-03

Heat Transfer Analysis of a Wooden Fire-Retardant Door

XU Wei, WU Zhi-hui, CAI Jia-bin

(College of Furniture and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: Heat transfer of fire retardant wooden structures was evaluated with a standard fireproof test. The authors used a single wood-framed fire-retardant treated door as an example to develop a formula to predict heat transfer during the fireproof test. They found that the actual predicted result correlated well with the test results. Hopefully, the theoretical formula will provide some help to understanding heat transfer through a wooden fire retardant treated door.

Key words: a single wood-fireproof door; heat insulation; theoretical formula

木质防火门是指用难燃木材或木制品作门框、门扇骨架和面板, 门扇内填充对人体无毒无害的防火隔热材料, 并配以防火五金配件, 具有一定耐火性能的门。木质防火门作为一种活动的防火分隔物, 除具有普通门的作用外, 还具有防火、隔烟、阻挡高温的特殊功能, 在工业与民用建筑, 尤其是高层民用建筑中, 对控制火灾蔓延、减少火灾损失, 有着不可估量的作用。

根据 GB 12955-2008《防火门》, 防火门按隔热性能可分为 3 类: 隔热防火门(A 类)、部分隔热防火门(B 类)和非隔热防火门(C 类)。对于防火门的隔热性能, 需要通过完整产品的耐火试验进行评定。而我国目前尚无评价防火门隔热性能的理论体系与依据, 防火门生产企业大多凭借自身的经验, 进行产品的开发与生产。

本研究以一款木质单扇防火门为例, 结合相关理论知识, 进行防火门隔热性能的理论计算公式推导, 旨在为木质防火门产品研发或生产过程中的质量控制, 提供依据和参考。

1 防火门的特点

图 1 所示为笔者与某企业合作开发的 A 类木质单扇防火门, 由门扇骨架、门扇面板、门扇芯板、门扇填充料、门框及闭门器、合页、门锁等组成。

1.1 材料特点

以经过蒸煮阻燃处理的杉木为框架结构用材, 含水率控制在 12% 以下; 选用的防火板和饰面胶合板, 应达到 GB/T 8625-2005《建筑材料难燃性试验方法》的要求; 选用膨胀珍珠岩为填充材料; 选择经国家消防检测机构检验合格的五金配件, 防火锁应符合 QB/T 2474-2000《弹子插芯门锁》的要求, 闭门器符合 GA 93-2004《防火门闭门器》的要求, 密封条符合 GB/T 16807-1997《防火膨胀密封件》的要求。

收稿日期: 2009-07-09; 修改日期: 2010-07-06

作者简介: 徐伟(1975—), 男, 南京林业大学家具与工业设计学院讲师, 博士研究生。

通讯作者: 吴智慧, 男, 南京林业大学家具与工业设计学院院长, 教授, 博士生导师。

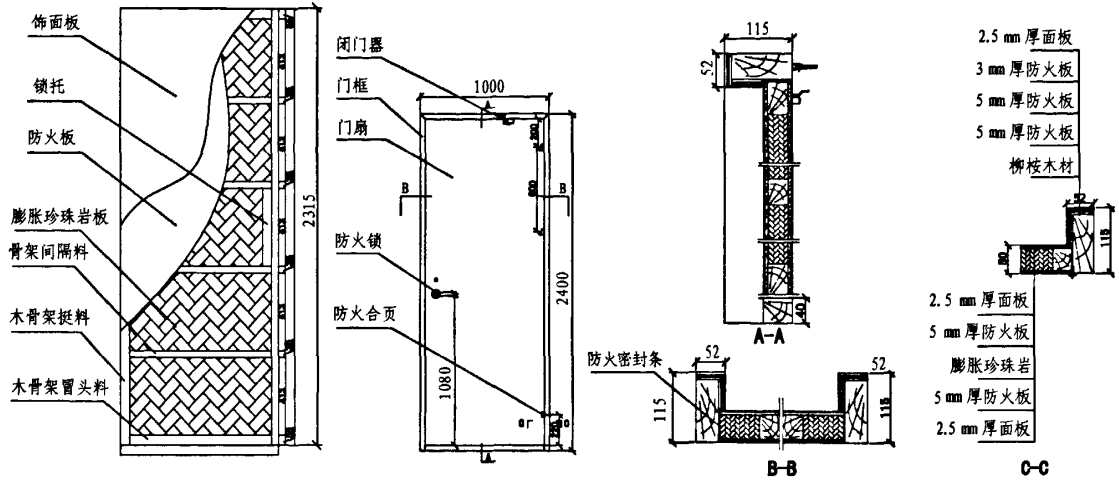


图 1 木质单扇防火门剖面
Fig. 1 Section of a wooden fire-retardant door

1.2 结构特点

1) 门扇芯板:四根木骨架间隔料对门扇的整体结构与力学性能起保障作用,在其间填充厚度 35 mm、密度 300 kg/m³ 的膨胀珍珠岩板,两侧胶贴厚度为 5 mm 的防火板,将膨胀珍珠岩板与木骨架整体胶压包覆在中间,实现整体结构的对称平衡和稳定性,减小翘曲变形的可能性。

2) 门扇骨架:选用阻燃处理的杉木为基材,采用“L”型和“T”型连接,由二根木骨架冒头料、二根木骨架挺料、四根木骨架间隔料及一根锁托组成,突出了木骨架框架的整体结构强度。木料之间的拼缝需严实平整,木骨架边框和横楞在同一平面,面层、边框及横楞加压胶结,在横楞和上、下冒头各钻三个透气孔,以防受潮脱胶或起鼓。

3) 门扇面板:由二块饰面胶合板组成,与门扇芯板、骨架紧密胶压组成一个整体门板。在结构上实现“对称原则”和“奇数层原则”,使产品结构对称、应力均匀、形状尺寸稳定。

4) 门框:如图 1C-C 所示,柳桉木材固定于门洞墙体上,三层防火板及面板固定于柳桉木材上,形成门框整体。门框与门扇搭接的裁口处留有密封槽,镶填防火密封条。密封条由不燃性材料制成,具有遇热膨胀的特性,可以有效地起到防火隔热作用。

据 GB/T 7633-2008《门和卷帘的耐火试验方法》,通过燃烧试验炉进行测试。判定防火门达到耐火极限的三个条件是:1) 门垮塌失去支持能力;2) 门发生穿透裂缝或孔洞,完整性被破坏;3) 门失去隔火作用,其背火面温度超过试验室的室温 180 ℃。当其中任意一个条件出现时,即表明防火门达到了耐火极限。A 类甲、乙、丙三级防火门的耐火极限分别为 1.5、1.0、0.5 h。

2.2 理论公式推导

耐火试验采用明火加热,使防火门受到与实际火灾相似的火焰作用。试验时炉内温度随时间而变化,并受函数关系式控制^[1]。如图 2 所示时间-温度标准曲线^[1]可知,对应 GB/T 7633-2008 对 A 类乙、甲级耐火极限的要求,在燃烧时间 60、90 min 时,炉内温度分别接近 950、1 000 ℃时,防火门背火面温度是否

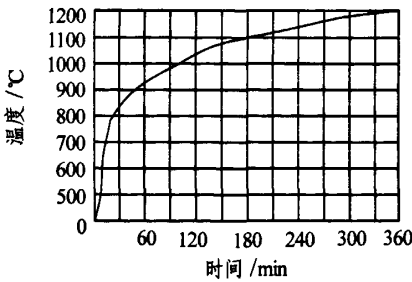


图 2 时间-温度标准曲线

Fig. 2 Time-temperature curve of wooden fire-retardant door during a fire test

2 防火门隔热性能的评价方法

2.1 耐火试验测试

防火门隔热性能的关键技术指标是耐火极限,依

超过试验室的室温 180 ℃,可作为防火门隔热性能的判定依据。由此,根据 GB/T 7633-2008 和相关理论知识^[2-3],以防火门背火面温度作为判断指标,推导防火门隔热性能的理论计算公式。

$$T_w = \frac{T_1 - T_2}{a_2 \times \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)} + T_2 \quad (1)$$

式中: T_w —门背火面温度,℃; T_1 、 T_2 —炉内烟气温度、炉外空气温度,℃; a_1 、 a_2 —门扇内、外表面的传热系数, $W/(m^2 \cdot k)$; λ —材料的导热系数, $W/(m \cdot k)$; δ —材料厚度, m ; n —材料层数。

3 试验结果

3.1 耐火试验结果

按 GB/T 7633-2008 进行耐火试验,当时间经历 1.5 h 时,木门背火面的平均温度约 108 ℃,最高温度约 130 ℃,达到了 A 类防火门隔热性能的要求。

3.2 理论计算结果

图 1 所示的木质单扇防火门,膨胀珍珠岩板厚度 $\delta=35$ mm,防火板厚度 $\delta=5$ mm,饰面胶合板厚度 $\delta=2.5$ mm;膨胀珍珠岩板导热系数 $\lambda \leq 0.085$ $W/(m \cdot k)$,饰面胶合板传热系数 a 介于 20~30 $W/(m^2 \cdot k)$ ^[4]。经导热系数测试仪测定,防火板和胶合板的导热系数取 0.2 $W/(m \cdot k)$ 。由于材料的导热系数或传热系数越高,其隔热性能越差,因此,膨胀珍珠岩导热系数 λ 、门扇内外表面的饰面胶合板传热系数 a_1 、

a_2 ,均取最高值进行验算,即 $\lambda=0.085$ $W/(m \cdot k)$, $a_1=a_2=30$ $W/(m^2 \cdot k)$,另取室外空气温度 $T_2=25$ ℃,代入公式 1:

1) 当 $T_1=1\ 000$ ℃时,计算得出 $T_w=79.1$ ℃;

2) 当 $T_1=950$ ℃时,计算得出 $T_w=76.4$ ℃。

理论计算结果表明,背火面温度 T_w 均未超过 GB/T 7633-2008 规定背火面最高温度 180 ℃的极限值。所测防火门属于 A 类隔热防火门,理论公式的计算结果与实际耐火试验的结果相吻合。

4 结语

以一款 A 类木质单扇防火门为例,运用理论公式对其隔热性能进行了评价,计算结果与耐火试验结果相符。该理论计算公式为防火门隔热性能评价提供了方法,尤其适用于企业开发防火门新产品时。理论上的评价结果,为防火门结构调整和材料选择提供依据,有效地保证产品质量,有助于提高产品的合格率,确保开发产品的隔热性能达到预期效果。

参考文献:

- [1] GB/T 7633-2008,门和卷帘的耐火试验方法[S].
- [2] 何清浩.金属壳体木材干燥窑热损失分析.木材工业,2002,16(3):33-36.
- [3] 王补宣.工程传热质学(上)[M].北京:科学出版社,1998.
- [4] 成俊卿.木材学[M].北京:中国林业出版社,1985.

(责任编辑 向琴)

(上接第 16 页)

参考文献:

- [1] Nagayama H, Honda H, Kawahara H. A new process for silica coating[J]. Electrochemistry Society, 1988, 135(8): 2013-2016.
- [2] Torimoto T, Shigeryoshi I T O, Kuwabata S, et al. Effects of adsorbents used as supports for titanium dioxide loading on photocatalytic degradation of propylamide[J]. Environmental Science and Technology, 1996, 30(4): 1275-1281.
- [3] Herrmann J M, Tahiri H, Guillard C, et al. Photocatalytic degradation of aqueous hydroxyl-butandioic acid(malic acid) in contact with powdered and supported titania in water[J]. Catalysis Today, 1999, 54(1): 131-141.
- [4] Chou JS, Lee SC. The initial growth mechanism of silicon oxide by Liquid-Phase Deposition[J]. Electrochemical Society, 1994, 141(11): 3214-3218.
- [5] Raul O B, Daniel L. Mechanism of chemical bath deposition of cadmium sulfide thin films in the ammonia-thiourea system[J]. Electrochemical Society, 1998, 140(12): 3464-3473.
- [6] 赵文宽,周磊,刘昌,等.液相沉积法制备光催化活性 TiO_2 薄膜和纳米粉体[J].化学学报,2003,61(5):699-704.
- [7] 丁希楼,张国栋.液相沉积法制备 TiO_2 薄膜的动力学研究[J].安徽工业大学学报,2003,20(3):195-199.
- [8] 龙玲,万祥龙,王金林.抗菌型饰面人造板的研究[J].林业科学,2006,42(12):114-119.
- [9] 徐瑞芬,许秀艳,付国柱.纳米二氧化钛在抗菌塑料中的应用性能研究[J].塑料,2002(3):26-29.
- [10] 任成军,钟本和,刘恒,等.纳米二氧化钛薄膜光催化剂的合成与特性[J].高校化学工程学报,2004,18(1):57-61.
- [11] 郑怀礼,张峻华,熊文强.纳米 TiO_2 光催化降解有机污染物研究与应用新进展[J].光谱学与光谱分析,2004(8):1003-1008.
- [12] 董晓旭.抗菌高分子材料抗菌性检验方法的研究[J].工程塑料应用,2000,28(2):27-29.
- [13] 俞豪杰,王立,江山.抗菌高分子的研究与应用[J].功能高分子学报,2002,15(4):496-502.
- [14] 李连春,李光吉,丁锐,等.抗菌功能塑料的制备与性能评价[J].塑料工业,2005,33(4):43-46.

(责任编辑 向琴)