

防火門的耐火等級

В.П.布塞夫

8
1
建筑工程出版社

防火門的耐火等級

許冬青 譯

內容提要 这本小冊子簡要地敘述了防火門的裝置、用途及分類,闡明防火門耐火等級的試驗方法及結果,并將主要类型的防火門的耐火等級資料及其优缺点作了介紹。

此小冊子适用于消防人員,學習消防技術的學員以及建筑設計和施工機構的工作人員。

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ

ДВЕРЕЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО Министерства Коммунального

Хозяйства РСФСР

出版地点
及 年 份

Москва—1955

防火門的耐火等級

許 冬 青 譯

*

建筑工程出版社出版 (北京市阜成門外南黃土路)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052號)

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號653 20千字 787×1092 1/32 印張 1 1/4

1957年8月第1版 1957年8月第1次印刷

印數:1—1,050册 定價(11) 0.38元

目 录

防火門的功用.....	4
防火門的裝置.....	5
对防火門的要求.....	5
防火門的分类.....	6
防火門耐火等級的試驗法.....	7
包有鉄皮的木門.....	9
无鉄皮的木門.....	28
金屬門.....	32
对防火門的悬挂裝置及門洞結構处理的要求.....	38
結 論.....	40

防火門的功用

从实际經驗中知道，房屋虽然有足够的耐火等級，但有时火災的規模还是很大，迅速蔓延很大的面积。在这种情况下，防火隔牆的門洞未被防护，或这些門洞的防护門无足够的耐火等級，是火迅速傳开的原因之一。

防火門的意义可由下列事例說明：

1. 在一幢具有磚砌外牆及 2.5 磚厚的橫向防火隔牆的單层廠房內起火。防火牆上沿車間中心过道方向开有未被防火門防护的門洞。火穿过該門洞迅速傳到鄰室。

2. 一幢磚砌的單层倉庫建築物，用縱向防火牆隔开，但在防火牆上有二个未被防火門防护的門洞。当在倉庫的一部分內起火后，火便穿过这些門洞傳到另一部分。

3. 在一幢正在兴建的七层住宅的三层楼上起火，火沿樓梯間穿过燃燒体的楼板，蔓延上面所有的四层。但火未侵入由鋼筋混凝土閣樓楼板所隔开的閣樓間，因为从樓梯間通向閣樓的入口，被防火門防护；該防火門抵抗了40分鐘的火力，并防止了火災沿閣樓向房屋的其他部分傳开。

这样，防火門虽不屬於房屋結構的主要構件，但却具有重要的意义——火災的大小取决于防火門的裝置和耐火等級。

防火門無論在工业和民用建筑中，都可用来防护防火牆上、內牆上、樓梯間的圍牆上以及其他做防火隔斷牆的結構上的門洞。

按照防火标准〔1〕，將甲、乙、丙三类火災危險性的生产房間隔开的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ級耐火度房屋的內牆，在其所有的門孔中均应裝設防火門。

防火門的裝置

防火門由門扇、懸掛裝置及關閉裝置組成。

門扇為門的主要部分——門的耐火等級取決於它。裝造門扇都是採用木料（普通的或防火的）、金屬（壓延金屬和鋼板）以及隔熱材料（石棉、礦棉、粘泥砂漿浸漬過的毛氈）。門扇結構依對門的要求而定。

門樘、合頁、螺栓及其他零件屬於懸掛裝置。

關閉防火門最常用的是門門和門鎖；利用彈簧關閉則不适宜，因為彈簧在高溫下會失去它的作用。有些門是利用自重關閉的。

門的懸掛裝置和關閉裝置，在防火標準中未予規定，因為它們對耐火等級不起決定作用。懸掛及關閉方式是根據門的用途及其工作條件而選擇的。

對防火門的要求

防火門在耐火等級、燃燒性能、外形及重量方面，應該符合一定的要求。

耐火等級。耐火極限，即門在火災條件下能抵抗火力的時間，為防火門的主要指標。

根據防火標準〔1〕，防火牆上及其他防火隔斷上的門，應具有不少於1.5小時的耐火極限。將甲、乙、丙三類火災危險性的生產房間隔開的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ級耐火度房屋的內牆，其所有門孔均用耐火極限不少於0.75小時的防火門防護。

燃燒性能。防火門一般都做成難燃燒體的或非燃燒體的。非燃燒體的門乍一看来似乎是最可靠的，因为它不会燃燒，同时在火災時又不將火傳開。然而用來製造這類門的主要材料（金屬），在加熱時會喪失強度，同時具有很高的導熱性能，這便對門的耐火性能起着不良的影響。因此非燃燒體的門很少採用。

由木料製成并用鐵皮防護的難燃燒體的門，已得到最廣泛的採用。它們幾乎不變形，在火力作用時受熱很慢，所以具有極高的耐火極限。

一般都認為燃燒體的門不能作防火隔斷之用；這類門的耐火極限值，在防火標準〔1〕中未予規定。

然而中央防火安全科學研究所所進行的試驗表明，用適當方法製成的燃燒體的門，能將門洞防護一小時不致被火傳開。所以用這類門來作防火門是可以的（見 28 頁）。

外形。在工業廠房和倉庫建築物中，防火門的外形並無重大意義。這裡門的耐火等級是選擇門樣時的決定指標。

在辦公樓，社會公用房屋及居住房屋中，選擇防火門的結構時，應考慮防火門的外形。在這類房屋（個別房屋的閣樓除外）中不適合採用包有嵌緊的屋面鐵皮的門，因為嵌縫鼓起，凹凸不平的門扇表面使門不能得到修飾。用平滑鐵皮的及使門扇外表面能進行任何修飾的其他結構的門，在這類房屋中為最適用。

重量。防火門不應很重，為的是在必要時一人用手能將它們啟閉。此外，門的重量小能使得將懸挂裝置和關閉裝置的結構簡化。

防火門的分類

防火門按門扇材料分為金屬門、包有鐵皮的木門和不包鐵皮

的木門三種。

門按關閉方式分有：

1) 單摺和雙摺的垂直懸掛門。這類門由於懸掛裝置簡單和尺寸小，而得到最廣泛的採用。它們是用嵌入砌體的插鐵或用門檔直接在牆洞中懸掛；

2) 單扇和雙扇的推拉門。它們是用滑輪懸掛在固定於牆洞頂上的導梁上。這類門在火災時是用手關閉的。

防火技術書籍中所闡述的推拉門和在易熔的門鎖被熔解後、利用本身重量自動關閉的上下升降門，根據安全技術原則現已均不採用。

門在耐火等級上並無特殊分類。它們是按耐火極限的大小而區別的。

門根據燃燒性能的不同，分有非燃燒體的、難燃燒體的和燃燒體的門。

防火門耐火等級的試驗法

試驗設備。1947~1948年，在中央防火安全科學研究所，為試驗建築結構的耐火等級設計了專用設備。1952~1953年，防火門的試驗便是用一套這類的設備（如圖1所示）進行。

火爐1和小車2為設備的主要部分。尺寸為 $3.5 \times 3.3 \times 1.3$ 公尺，由耐火粘土磚砌成並鑲入剛性骨架3內的火爐，設有尺寸為 2.1×2.0 公尺的工作窗4；火爐的加熱是由四個裝於加熱道6附近的噴射器5來進行的。燃燒物通過火坑下部設有入口的煙道7排出。為了控制火爐的溫度，於火坑內離門（待試驗的門）的受熱面150公厘處的同一直線上，裝有四個電熱偶8。

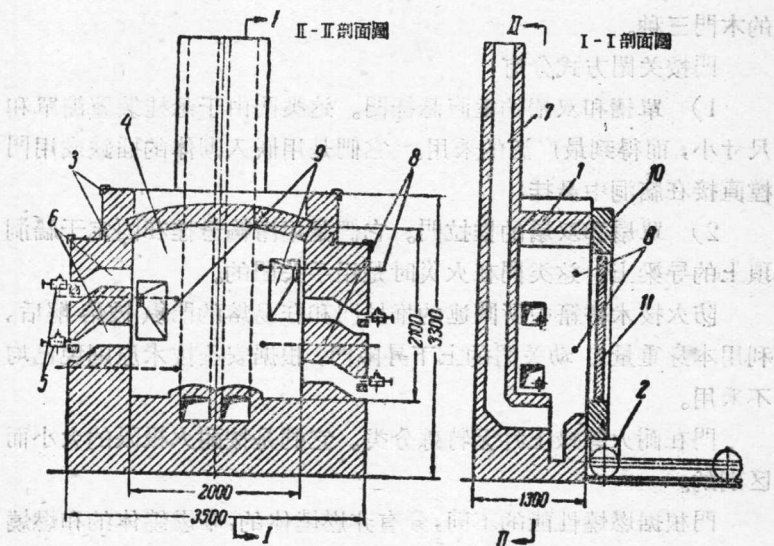


圖 1 試驗門的耐火等級用的設備

在火爐的后壁上設有檢查窗 9，通过該窗 对門在試驗时的情况进行观察。

在小車 2 的前面一部分，設有帶洞口的磚砌壁 10，在該壁的洞中安置待試驗的防火門 11。

在开始燒火試驗以前，小車紧向火爐移近；此时爐壁和安置在該壁洞中的門，一同把火坑的工作窗封閉。

准备工作（堵塞火爐及爐壁之間的空隙，插上測量仪器等）完毕后，將噴射器点火便开始試驗。

試驗时的温度制度。 火爐是如此調整的：將火坑内的温度按照标准曲綫（图 2）不断升高，該綫的座标点是由防火标准〔1〕所确定的。火爐的温度根据試驗時間的長短，过 10 分鐘应等于 700°C ；过 30 分鐘应等于 800°C ；过 1 小时应等于 900°C 等。取火坑内四个

电热偶讀数的平均数为火爐的温度。

在試驗的第一小时內，每隔 5 分鐘將温度測量一次；以后每隔 10 分鐘測量一次。

試驗时除記載火爐的温度外，尚要測量門（正在試驗的門）結構內部及表面的温度。为此將电热偶予先放置在門截面的各个不同点上。

防火門的耐火极限 將試驗进行到門的耐火极限来到为止。如果只要发现下列現象之一，便認為极限已經到来：

- 1) 門被破坏；
- 2) 門的背火面被加热到 150°C ；
- 3) 火焰透过門射出。

耐火极限值是以小时表示，并至少以二扇門試样的試驗結果的平均数来确定。

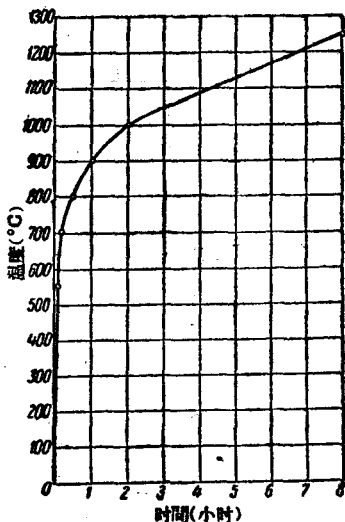


圖 2 标准曲綫“温度——時間”

包有鉄皮的木門

如上所述，包有鉄皮的防火木門(图 3)采用最为广泛。

这类門的門扇是由厚为 20~25 公厘的二层或三层烘干的木板 1 制成。各层木板互呈斜角拼放。借此防止了門扇的輪廓尺寸在木料干燥时和木板尺寸沿纖維縱橫方向变动不均时发生变化。在

某些情況下，于木板各層之間鋪設石棉紙。

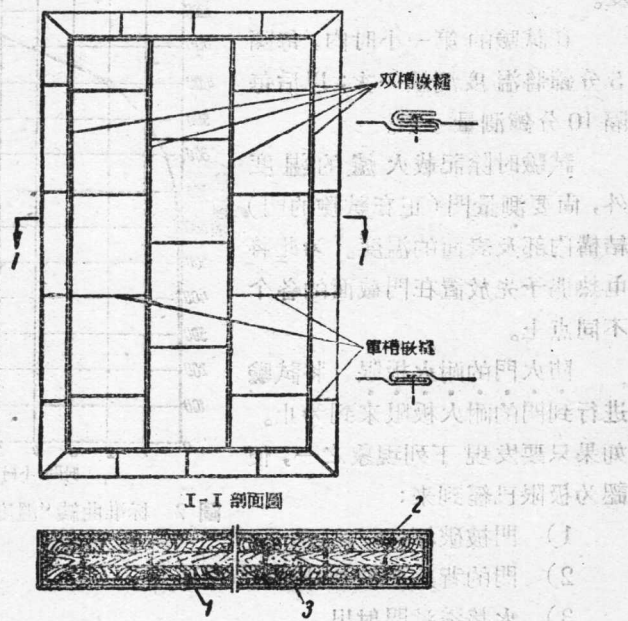


圖 3 包有緊密的鐵皮的門扇數字表示操作的順序

門扇用厚為 0.5~0.8 公厘的屋面鐵 2 在隔熱層 3 上包封。當作隔熱材料最常採用的為粘泥砂漿浸透過的毛氈。門的包封在豎向上是按雙槽嵌接的，在橫向上是按單槽嵌接的(圖 3 和圖 4)。

門的懸掛方式各有不同。

1. 門的耐火等級

通常都認為用鐵皮包封的木門能有效地抵抗火力。其實是緊密的鐵皮保護了門內的木料不致和空氣接觸，因而阻止木料在火

料有被燒焦的可能，但仍然應該指望這類形式的門具有很高的耐火極限。根據中央防火安全科學研究所的資料，取燒透鐵皮內的木料的平均速度為每分鐘 0.5 公厘，例如可以估計門扇厚為 75 公厘的門至少要 2.5 小時才能燒透；如果將隔熱層考慮在內，則此門的耐火極限應達到 3 小時。

但是實際上門的耐火等級遠非如此。

中央防火安全科學研究所所作的試驗表明，厚自 70 至 115 公厘的門，具有自 0.9 至 1.5 小時的耐火極限。根據霍勒特〔6〕的資料，厚自 70 至 95 公厘的門，其耐火極限為 0.6~0.7 小時。這樣，被試驗的門雖然很厚，而它們的耐火極限值還是不能滿足對防火門的要求。

在火力作用下的門，其情況是特別的。

在所有的情況下都會發現，鐵皮在門扇受熱面鼓出達 15~20 公分（見圖 7）。試驗開始後經過 10~15 分鐘，在門的背熱面開始冒出濃煙；經過 40~60 分鐘（有時稍為遲些），煙突然消失；並在冒出煙的地方（鐵皮的嵌縫處）出現火焰。因為燃燒未停止，這時門的耐火極限正在到來（圖 5）。



圖 5 木料分解物在門（包有緊密的鐵皮的門）背熱面的燃燒

但是，門外面火焰的出現，並不意味着門完全喪失對火力作用的抵抗能力。在耐火極限將到達時，門扇不再燃燒；鐵皮內的木料燒焦的深度不大於門扇總厚度的30~50%，所以背熱面的溫度未超過60~90°C。顯然，門的防火的可能性尚有未被利用的，而門的耐火極限卻提前到來。

為何包有緊密的鐵皮的門，其耐火等級會不足，並在火災條件下的情況會表現出特殊呢？

正如試驗表明，很薄的門鐵皮及其里面的隔熱層不能保證持久的防火作用，並迅速受熱到很高的溫度。從圖6中可以看出，只經過5分鐘後，隔熱層和木料相接觸處（a點）的溫度便達到了100°C；而經過10~20分鐘後，溫度已昇高到300°C，即昇高到對木料很危險的溫度。

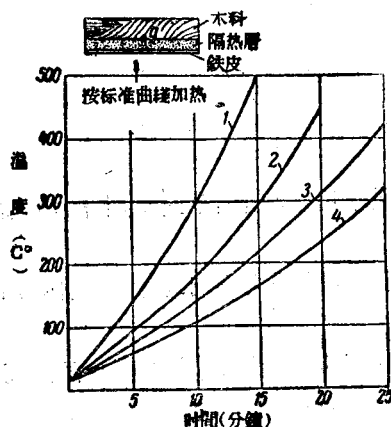


圖 6 木門的鐵皮內隔熱層的加熱

1) 厚為4公厘的石棉紙；2) 粘泥砂漿浸透過的，厚為10公厘的毛氈；3) 厚為8公厘的石棉紙；4) 粘泥砂漿浸透過的，厚為20公厘的毛氈

門上緊密的鐵皮將木料隔離不和空氣接觸，使門扇內部無燃燒的可能。然而鐵皮內的溫度昇高，引起木料的干餾；木料在沒有空氣的密閉狀態下受熱分解，並分離出氣體。這便是平常未予考慮的特點，對門的耐火等級起着決定性的影響。

我們來進一步研究門受火力作用時，鐵皮內所發生的情況。

當木料表面的溫度昇高到100~130°C（試驗到第5分鐘）時，主要是分離出水蒸汽。

當溫度繼續昇高時，木料

开始輕微地分解。当温度为 $270\sim 280^{\circ}\text{C}$ 时,即在試驗由第10到第15分鐘时,开始激烈的分解,并大量分离出气体和水蒸汽。

然后来到了干餾的主要阶段(温度为 $280\sim 380^{\circ}\text{C}$)。当温度將近 500°C 时,大部分是分离出很濃的树脂,同时木料也在燒成焦炭。

干餾过程是不断进行的,但它并非在同一時間內 遍及門扇所有的木料。正如測量門試样內部的温度表明,热力分解过程是在一定的区域内发生;木料的其他部分具有不超过 100°C 的温度。随着木料燒成焦炭,这一区域向門扇背热面移动。

我們来求試驗时木料分解物的排出量。

松木和樅木干餾时干餾物的排出量

表 1

干 餾 物	排出量(重量的%)
未凝結的气体.....	20
树脂液.....	40
濃树脂.....	10
焦炭.....	30

表 1 中列举了松木和樅木(通常用来制造木門扇的木材)干餾时,干餾物排出量的平均值^①。

焦炭和濃树脂是干餾后的殘渣,而树脂液和未凝結的气体,則形成占很大比重的蒸汽混合物。

以表 1 中的数据为根据的計算表明,每分解(在 100°C 的温度下)1 公斤木料,能形成約 0.94 立方公尺的蒸汽混合物。

根据試驗資料,在火力作用下的門,其鉄皮內的气体温度平均为 550°C ; 因此蒸汽混合物的实际排出量(考虑气体温度的膨脹修正数在內)为: $q=2.21$ 立方公尺/公斤。

① 本表是根据一些書籍中的資料編制而成,干餾物排出量的百分數是平均值。

以面积为 2.5 平方公尺、門扇由三层总厚为 75 公厘的松木板拼成的門为例，我們来計算鉄皮里面所形成的蒸汽混合物的数量。

門扇的木料重將为：

$$P = 2.5 \times 0.075 \times 550 = 103 \text{ 公斤,}$$

式中 550 公斤/立方公尺——自然干燥的松木容重。

蒸汽混合物的总排出量將等于：

$$Q = qP = 2.21 \times 103 = 228 \text{ 立方公尺。}$$

根据試驗資料，取全部燒透的鉄皮門 里面的木料所需時間为 $\tau = 150$ 分鐘，我們来求蒸汽混合物平均每秒鐘的排出量：

$$Q_1 = \frac{Q}{\tau} = \frac{228}{150} = 1.52 \text{ 立方公尺/分鐘} = 0.0253 \text{ 立方公尺/秒鐘。}$$

这样，在火力作用下，中等尺寸的一般防火門，其鉄皮里面每秒鐘能分离出約 25 公升的蒸汽和其他气体。

在不能自由向外排出的气体的压力下，門的鉄皮鼓起(图 7)，鉄皮的嵌縫部分地裂开，并穿过在門 扇兩面形成的縫隙开始分离出燃燒性的蒸汽混合物。这种混合物除含炭酸气和水蒸汽外，尚含有燃燒性的气体，如 甲 烷 (CH_4)、一氧化炭 (CO)、氫 (H_2)、乙 烯 (C_2H_4) 以及甲醇 (CH_3OH) 和 丙 酮 [$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$] 的蒸汽。

在門受热面分离出的那部分蒸汽混合物，于高温作用下瞬即燃燒，因此无任何危險性。木料分解物的其他部分，在門背热面形成烟冒出(图 8)。

鉄皮在火力作用下的变形，导致

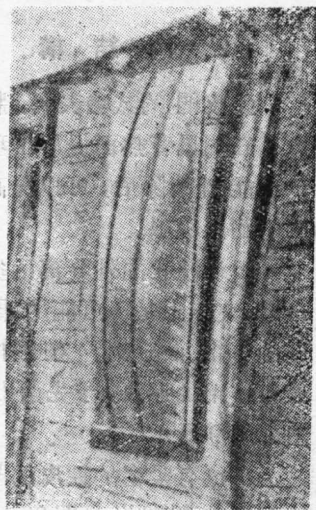


圖 7 經過耐火等級試驗后的
包有緊密的鉄皮的門

門扇和門樘或牆洞相結合的緊密性逐漸（一般約在 30~40 分鐘時）受到破壞。穿過沿門周圍形成的縫隙，開始排出炎熱般的气体；該气体引起蒸汽混合物在門扇背熱面着火。同時也能看到蒸汽混合物的自燃。

這樣，試驗証明，在門的鐵皮內于受熱時發生的木料干餾過程，導致蒸汽混合物在門的背熱面分離和着火，使門的耐火極限大大降低。

2. 門 結 構

鐵皮門的試驗表明，將火焰在門扇背熱面提早出現的可能性消除后，可以提高門的耐火極限。

因為防止向外分離的炎熱的木料分解物着火，尤其是防止其自燃，實際上是不可能的；門的改進只能依靠停止蒸汽混合物在門扇的“冷”面分離。為此曾建議在門的鐵皮上，在當火災時可能受火力作用的那面，預先鑿出專為通氣用的預防孔。這些孔的示意圖如圖 9 所示。

在包有緊密的鐵皮的門中，木料分解物是在兩面分離，並在背熱面形成濃“煙”（見圖 8、a）；濃煙起火可使耐火極限提前到來。

當鐵皮上有預防孔時，木料分解物可順利地排向受熱面（門在

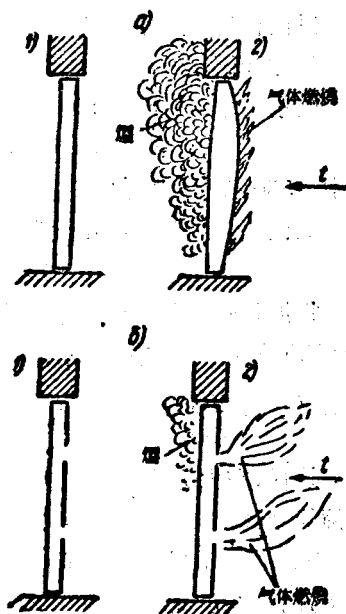


圖 8 預防孔的作用示意圖

- 1) 包有緊密的鐵皮的門；2) 設有預防孔的門；
1. 為試驗前的情況；2. 為火力作用時的情況； t —為加熱方向