



建筑物的防火与疏散

范志恒 编

建筑工程出版社



建筑物的防火与疏散

范志恆編

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本書通俗地論述了建築設計中必須考慮的防火與疏散問題。作者不僅引用許多實例對火的性質、火災發生、發展的因素和擴展過程、途徑，以及建築材料及構件的耐火性、防止火災蔓延的措施、疏散的安全措施等作了比較全面的科學論證，並介紹了一些進行防火與疏散措施的具体設計資料。內容豐富，淺顯易懂，既可供設計人員參考，也可供初學者學習。

建 筑 物 的 防 火 与 疏 散

范 志 恆 編

編 輯、設 計：何显威

1959年8月第1版 1959年8月第1次印刷 2,545册

787×1092 · 1/32 · 52千字 · 印張2⁷/16 · 定價(9)0.27元

建築工程出版社印刷廠印刷 新華書店發行 書號：1362

建築工程出版社出版（北京市西郊百萬庄）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052號）

目 录

第一章 火災的蔓延性	(5)
(一) 火的性質	(5)
(二) 火災的发展与蔓延过程	(6)
(三) 火災扩展的途径	(11)
第二章 建筑材料及构件的耐火性	(18)
(一) 火災对建筑结构的破坏作用	(18)
(二) 火災对温度与时间和热值的关系	(18)
(三) 耐火度的标准	(21)
(四) 建筑材料及构件的耐火度	(21)
(五) 建筑物的耐火等級	(28)
(六) 提高建筑构件耐火度的方法	(31)
第三章 防止火災蔓延的措施	(34)
(一) 防火隔間	(34)
(二) 防火牆及防火帶	(38)
(三) 防火門	(40)
(四) 小孔洞及窗洞的防护	(45)
(五) 防火幕	(46)
(六) 防火隔断物的輔助設備	(49)
(七) 消防設備	(53)
(八) 防火間距	(55)
第四章 疏散的安全設施	(57)
(一) 疏散安全設施条文制訂的原則	(57)
(二) 疏散速度	(59)

(三) 疏散時間.....	(60)
(四) 疏散樓梯.....	(61)
(五) 安全出入口.....	(64)
(六) 疏散門.....	(66)
(七) 走道.....	(68)
(八) 設計实例.....	(69)
(九) 經驗教訓.....	(75)

第一章 火災的蔓延性

(一) 火的性質

火是一种簡單的化学反应和氧化作用，它在化变进程中发出热量 同时也消失热量。当发热量 大于失热量时火势增强，相反就会减弱或熄灭；如发热量刚好等于失热量时，火势就保持平衡状态。家庭用的火油灯經常維持一定的亮度，其原因就是灯芯燃燒发出的热刚好等于消失的热。

氧气是一种主要的助燃元素。增加氧气的供量便增速燃燒的作用，氧在空气中的濃度減小时，燃燒速度也 随之降低，氧在空气中的濃度減小至14~16%时燃燒即停止。根据計算，一个4公尺見方的密閉房間內所含的氧气量，仅够供燃燒3 $\frac{1}{2}$ 公斤重的木块。因此，如能制止空气流入失火的房間，也就能控制火势的发展。从理論來說这是防火的一种方法，但在实际經驗中，要制止失了火的房間內的空气流动，是比較困难的。建筑物发生火災后，屋內必然产生大量温度很高的气体，同时形成很高的气压，烟气要找寻向屋外冒的出路。这时，如果房間門窗全部关闭，室外气压小于室內，外間空气不能流入，室內氧气逐漸消耗減少，火势因而减弱或消灭。但是，假如室內玻璃窗因受高热破裂，或房門被火燒破，室內热空气找到了出路，新空气找到了进口，这时火势将立刻轉趋猛烈，房間內受了热的物品可能突然爆火，发生“爆燃”現象。在火災案件中这种現象是常見的。

物体起火通常是由热的傳播而来。热的傳播方法为輻射、导热和对流。物体燃燒时，这三种作用經常同时发生，因而引起火的蔓延。在日常生活中可举很多实例來說明这种作用。例如在爐边烘衣服，如靠貼太近，衣服会因热空气的輻射作用而致烤燃。热熨斗放在台面太久，会因导热作用把台面烤焦起火。城市大火时，建筑羣虽有馬路隔开，但因空气热浪的輻射和对流，常常把馬路两旁的房子也引起燃燒。由这三种作用而引起物体起火的形式有四种：第一，先在物体表面上一点起火，发出灼热的气体逐渐扩展至整个物体表面燃燒；第二，热量由傳导作用傳入物体内部而起火；第三，热量通过輻射和对流，使附近物体温度不断上升到燃燒温度而起火；第四，单独由于空气的对流作用，将物体温度提升至燃燒温度而起火。

（二）火灾的发展与蔓延过程

火灾的发展过程通常經過三个阶段：首先是燃燒的发生。这时燃燒过程不稳定，燃燒面不大，火焰不高，周围温度的上升并不显著，仅在直接接触火源地点上升。如果在这个阶段未能及时将火扑灭，它将轉入发展阶段，燃燒面及火焰所涉及的范围开始扩大，燃燒过程轉入稳定状态，周围环境温度上升，有强大的輻射作用，燃燒趋于猛烈扩展。当火势扩展到相当大的面积时，即进入蔓延阶段。这阶段的特征是：燃燒面积大，温度很高，輻射面很广而且作用猛烈，发生强烈的空气对流，建筑結構在这种情况下有变形或倒塌的危险。

引起建筑物火灾蔓延的主要因素是：火焰、火花及热流的扩散，高温的輻射作用，材料及結構的高度傳热性。这些因

素在火場上按着一定的物理規律不斷地作用着使火勢擴大。

火的流動和擴散——火的流動和擴散是隨着燃燒材料的分布和空氣的流動方向而轉移。它能向上、向下和橫跨擴散，不論在封閉的屋內或在開敞的場地上都會出現這種現象。

高溫的作用，可使燃燒材料分解，散發大量灼熱的氣體，在失火的建築物內形成一種高溫的熱氣流運動。它的流動規律與水相似，但水向下流，而熱氣流因比空氣輕則向上流。火災時，熱氣流緊貼在屋內上層結構周圍流動起來，流動的方向與影響的範圍取決於結構的布置情況，如圖1，在屋頂高低不平的車間內，A點起火後，熱氣流上升，先流向右方高处，一俟熱氣的積聚深度超過了BC牆的高度時，則轉流向左方。在建築物內天花板上開洞，如未設防火隔斷物，就會讓熱氣流擴散到建築閣樓部分而引起火災的蔓延。

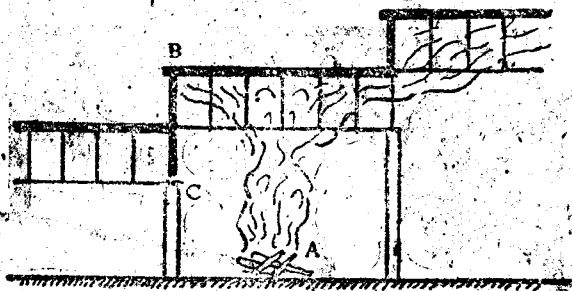


圖 1 熱氣流流動情況示意圖

圖2是某戲院火災蔓延的情況實錄，從這個例子可以理解上述熱氣流的作用。晚上全院休息後，舞台部分的地板起火，大量的火煙向上冒。舞台屋頂並無通氣孔洞設備，舞台口是磚拱結構。當救火隊到達時，即發現舞台已着火，大量烏煙正從舞台口過梁下冒出，觀眾廳的天花充滿了烏煙。離台

口約17公尺的天花通风木格也突然冒了火，其上連接着一个薄木板制成的通气管也引起燃燒，并扩展到屋頂内部起火。如从这个实例加以分析，其扩展的过程是因热气流充滿了舞台天花上部，找不到出路，直至热气流深度超过台口过梁时即向右方观众厅流动。天花通风口虽离台口很远，但因热气流温度很高，因而引起燃燒。但如果当时舞台屋頂能先被燒破，或有适当的通风設備，則大部分热气先在舞台屋頂排出，这样就不会很快地引起观众厅天花起火。

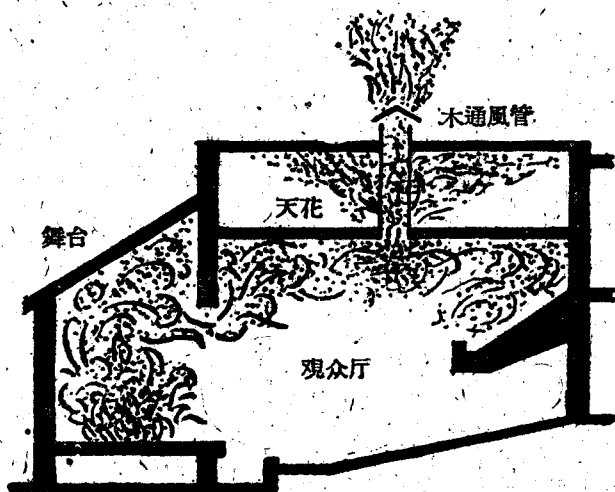


图 2 某戏院火灾蔓延情况

图 3 是說明一个仓库火灾蔓延的情况。仓库的屋頂构造，是用鉄皮屋面下釘木質保温材料。先是在地面上的物资一点起火，火焰上冒把天花保温板燃着。由于鉄皮屋面燒不破，热气流及火焰即沿天花向四方扩展成一个伞形，火星余燼从天花跌下来，引起仓库地面上存放的物资到处着火，范

圍迅速扩大。

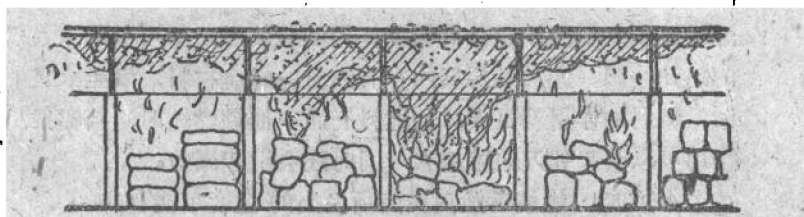


图 3 某仓库火灾蔓延情况

图 4 是另一种构造的仓库。仓库的屋顶铺盖一层石棉瓦，其下并无燃烧材料基层。地面物资起火后，火焰上升，石棉瓦因受高热影响很快破裂，在屋顶上破开一个大孔，火、烟即向屋顶冒出。在这种情况下，蔓延的范围与速度就不象图 3 的仓库那么恶劣，救火员到现场施救也比较容易。

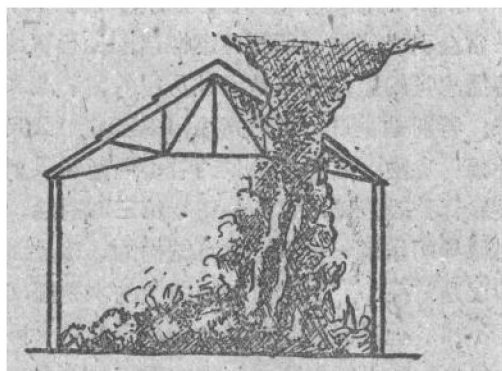


图 4 另一种构造的仓库火灾情况

火灾蔓延的另一种形式，可能是由于火花的爆出而形成。秫秸和竹子等建筑材料，接触到熾热的热气流，常会爆射火花，在干燥的季节中此种现象更多。

輻射作用——由于热的輻射作用而引起火災蔓延的危險性是很严重的。这种作用会呈现在建筑物内部或外圍。实际經驗証明，房屋缺乏防禦輻射作用的設施时，即可引起火災的迅速蔓延。尤其是房屋內存有大量的燃燒材料，发生火災时，輻射的作用就更大，如燃料仓库中油罐燃燒时，其輻射作用可以引起邻近油罐起火，同时还会引起爆炸。

火災时，燃燒物放射表面所发出的溫度可能在 1000° 以上。如木材在空气中燃燒，火焰的溫度是 $900\sim 1000^{\circ}$ ，煤炭是 $1000\sim 1400^{\circ}$ ，乙炔是 2200° 。而木材的自燃溫度仅在 $270\sim 300^{\circ}$ 左右。建筑物火災时的放射表面可达几百平方公尺，由此可見为什么放射表面的高溫度及大面积能造成火災迅速蔓延。

当高溫的輻射与热流共同作用时，危險性就更大。它們会受风向的摆布而蔓延。大規模的热气流与燃燒产物的运动，常常会引起邻居屋頂和可燃性牆壁自行燃燒。因輻射作用而傳播火災的途徑，多是通过房屋的窗、牆和屋頂的感受面而来；特別是窗口，可将高热輻射至几十公尺以外。要防止这种輻射危險，应規定房屋的最小間距和限制开窗面积，以及設置保护設施等，这問題留待第三章討論。

热傳导的作用——通过建筑結構的热傳导而引起火災蔓延的情况是常見的，如擱置在烟囱旁的木擱柵，如烟囱的管壁厚度不够，就可能引起擱柵燃燒。穿过防火牆的金屬管子的一端受热后，可能引起另一端的附着物着火。同样可以想象到如木材与金屬結構联結一起，火災时就很容易引起蔓延。

鋼結構的房子不利于防火，就是因为鋼鉄的热傳导系数很高，受高溫达 400° 时，应力强度立即降低，不能支持設計重

量，而致結構變形倒塌。圖 5 說明一個無保護層的鋼柱及鋼屋架房子火災時倒塌的情況。鋼柱子受火燒高熱作用，很快軟化彎曲，整個屋面結構，隨即變形倒塌下來。蘇聯有一個劇院的屋頂的金屬构架，在火災發生後 15 分鐘即全部倒塌。

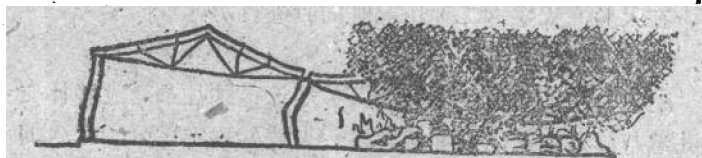


圖 5 鋼結構房屋火災時倒塌情況

易燃液體的流動——火災時若遇到易燃液體流散，也會引起火災迅速蔓延。這種情況最容易發生在使用液體進行生產的車間或存放易燃液體的油庫中。在露天的燃料貯藏場上，如貯藏罐或油槽燃燒或爆炸時，均能造成蔓延的災害。瀝青油毛毡屋面受高熱溶化後流落地面四散，亦能引起火災的傳播。

爆炸——爆炸可造成火災，但不能看作是火災蔓延的固定因素，因為它並不是在任何火災中一定會出現。爆炸的出現僅限於那些貯藏爆炸物質、易燃瓦斯以及那些分泌有爆炸危險性的灰塵的建築物內。在生產廠房中，如存放貯氣罐的瓦斯庫、易燃液體庫、爆炸化學品貯藏庫，如發生爆炸，可造成樓蓋倒塌或牆壁倒塌的危險。

(三) 火災擴展的途徑

要正確地了解建築物火災的蔓延過程，應根據火災實錄資料結合科學理論來一起研究，才能獲得正確的結論。但火災實錄資料往往不很正確，因為失火後可能找不到真正看見起火情況的人，也可能當事人畏罪虛構失火原因與過程。因

此，很多火災实录資料是猜測而成的，但也不是說一切的火災記錄檔案都沒有研究價值。總的來說，失火原因幾乎沒有一幢房子相同的。

火災的蔓延途徑可分為：1. 從內部擴展，2. 向外鄰擴展。在火災進程中這二種情況是同時進行的。

1. 從內部擴展

建築物內部失火成災後，其擴展途徑往往是通过樓梯交通孔道與設備管道，或閣樓、樓板、夾牆的中空部分，把火煙熱流傳播至建築物各個角落去。根據消防人員的实录報告，失了火的房屋內部，氣流的流動非常激烈，進入屋內有時如置身于狂風之中。室內一切門窗孔道，仿如火爐的爐門風格，引進激烈的氣流；垂直的樓梯孔洞，起着煙囪的排氣作用，助長氣流的運動。為了更明確地說明這種情況，列舉下列的實例：例1，某旅館的樓下客廳，在夜間客人均已入睡後突然起火。房子結構是木樓板，間牆用木支柱雙面釘保溫板加粉刷，天花及屋面板亦為保溫板。失火後火的擴展途徑分三處走：（1）火煙通過樓下層的門及走道向樓梯間上升；（2）燒破外牆窗子從牆的中空部分向上燃燒直通至屋頂；（3）燒破樓層天花進入樓板中空部分燃燒，並通過金屬設備管子向房間各角落發展，再由樓板通入空心夾板牆內燃燒向上發展。

旅館客人被火驚醒後紛紛逃走。其中一對男客與女客，逃走時沒有找到安全出口太平門的位置，直奔向大樓梯，順着火煙的趨勢往上層逃走，直跑到閣樓盡端的房間。在烏煙繚繞的房間內，二人眼睛全被蒙蔽，男客從老虎窗跳到鄰居屋面上，女客則找不到出路。當救火員到達時，房間內雖尚未着火，但發現女客已倒斃在房間的角落上。圖6是這房子

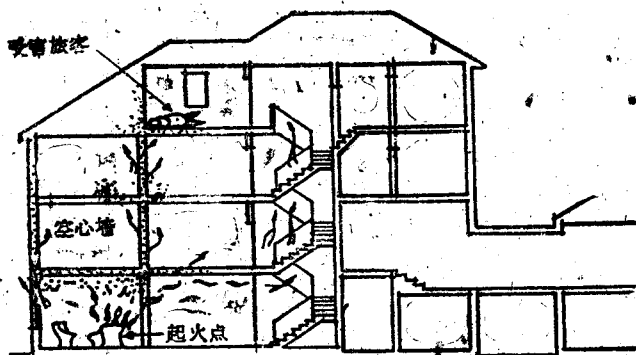


图 6 某旅館火災扩展路綫示意图

的剖面。

例 2，这是两幢磚木结构的房子（图 7）中間隔着一垛防火牆，墙上开着一个防火門互相通連。房子共住 36 家縫衣店的女工約 200 人。

在甲房子二楼楼梯平台的廢紙堆起火，火烟迅速通过楼梯走道流向防火門（未关上）进入乙房子，再从电梯孔和楼梯間上升到五楼。这时屋內女工紛紛逃走。当救火队员到达时，发现在五楼正对楼梯間的房間里有二个女工暈倒在內，救火員把她們从窗口抬出去。据救火員的报告說：当时他本人虽然戴着呼吸面具，但也險些被室內高溫所伤害。

上述二个例子均有同样的情况：人的伤亡都是在頂层上，离开火源地点很远，房間虽尚未起火，但高溫气流已可迅速伤人。这就說明了热气流在火災时上升扩散的严重性。这二幢房子都是磚木结构耐火性較低，問題关键不在此，即使是在全部框架结构耐火能力极高的建筑物內，热气流蔓延的情况也是相同的。

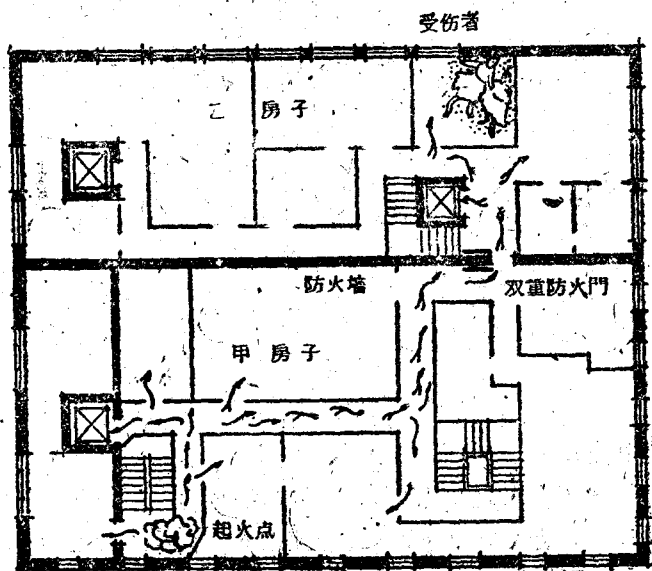


图 7 某公寓火灾扩展路线示意图

例如美国 Winecoff 旅館和 General Clark 旅館火灾造成大量伤亡,也是由于热气流上升扩散造成的。Winecoff 旅館是一座鋼架结构的十五层建筑物,耐火性和防火设备很好,但由于楼梯口都是开敞的,以致某次三楼走道着火,火烟及热气流通过开敞的楼梯間上升,連在远离起火点的第十五层的旅客也无法生存,而楼梯間又設在建筑物中心,救火員无法取道楼梯达到高层施救,因而造成全部旅客300人中死亡119人、伤100余人的严重事件。General Clark 旅館則是由于楼梯間的屋頂装着一个3公尺見方的密閉的鉛絲玻璃天窗架,楼下起火后,火烟及热气流通过楼梯間冒至屋頂,高温使天窗玻璃熔化,結在鉛絲上,热气流不能往屋頂冒出,就通过各层

走道及門窗，轉向水平方向擴展，使全部旅客死亡達15%之多。

由此可見，火災從建築物內部擴展的主要原因，多是由于熱氣流的流散，而迅速地造成災害。屋內樓梯間、電梯孔道、走道等，都是熱氣流擴展的主要途徑，這些地方的防火、防煙、通氣設備，必須特別審慎處理，才能降低火災蔓延的速度，減輕災害。

2. 向外鄰擴展

建築物火災向外鄰擴展，上文已談及，主要是通過火焰、熱氣流、火花余燼、輻射熱和燃燒液體的流動等而蔓延。在建築物密度大的環境中，火焰與熱氣流的作用較大，如房屋間距寬大，則影響較小。燃燒物的余燼可隨風或氣流傳至幾百公尺以外；輻射熱也能把距離30公尺以外的木結構引起燃燒。建築物內若存有大量易燃液體，起火後，在地面流動燃燒会造成蔓延。從本屋頂上流下大量的溶化瀝青，隨地勢流散，也能引起鄰居起火。

圖8是建築物失火向外鄰擴展的假想示意圖，說明通過輻射熱、火焰、火燄、流動液體等媒介向外鄰蔓延的情況。

建築物火災向戶外擴展的結果，可以形成城市大火的災害。城市大火災的起火形式和擴大的原理，跟家庭爐子

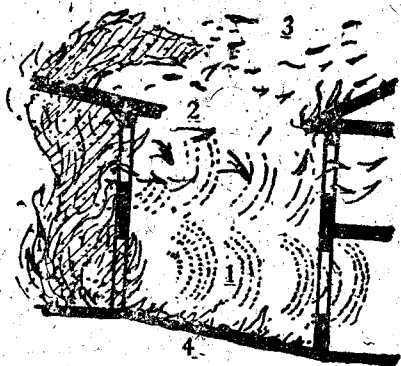


圖8 火災向外鄰擴展示意圖

1—輻射熱；2—火焰；3—火燄；
4—易燃液體

生火原理相同，其不相同之处仅为规模的大小。例如爐子生火是从爐門引进空气，而在城市中则以街道及房子門窗洞口引动气流，其作用亦仿如爐門。

城市大火蔓延的危險程度取决于城市的火災感受性。火災感受性包含着許多因素，如第17頁表所示。

自然条件对火災向戶外蔓延有很大的作用。如木料的干燥程度，随空气的湿度而变化，我国南方省份，春夏空气潮湿，火災事件較少，秋冬則风高物燥，火災案件也較多。风向和地势也是火災扩展的条件。其他人为条件如建筑密度、房屋間距、布置形式、建筑层高等，均可增大或減小火災傳播的危險性。对單体建筑物的傳火性問題将在下章討論。

大規模的火災慘案在世界各国人口薈集的城市几乎都会出現。据历史的記載，这种大火往往发生在战争中或地震中，也有的是由于建筑密度太大、缺乏預防措施而引起的。但如我国古代，項羽火燒阿房宮，其火三月不熄和羅馬皇帝尼羅縱火將羅馬全城燒掉，这些都是人为的。十七世紀后資本主义逐渐发达，人口往城市集中；大城市中大火事件更严重。如1666年英国倫敦大火，焚燒了四天；1871年美国芝加哥大火焚燒了二天，燒掉17430幢房子，使70000人无家可归；1906年美国三藩市地震大火，燒了28000幢房子；我国在抗日战争中的長沙大火和重庆被炸大火，第二次世界大战中倫敦与柏林的空襲大火，这都是战争历史上的火災慘案。从英国防火專家的著作中所透露的資料，战争空襲造成大火火災的原因，并非單純由于受燃燒彈的爆炸而引起，更重要的是取决于建筑羣的火災感受性。