

消防大专教材



建筑防火原理

吴建勋 编

中国人民武装警察部队技术学院

前 言

本书为大专防火教材。教材内容主要是围绕我国建筑设计防火规范规定的要求，讲解建筑设计防火原理，建筑防火设计的具体技术措施，以及在建筑设计防火审核工作中可能遇到的问题。

本书在讲解的过程中，希望能结合建筑火灾和灭火战斗行动等方面的知识，开阔学生的思路，使之更好地贯彻“预防为主，防消结合”的指导思想，更能为消防工作服务。

另外在教学中，还要重点讲解坚持规范的规定原则和在原则指导下的灵活性的指导思想。

由于作者水平有限，有些观点和提法和建议不一定准确，望大家提出修改的宝贵意见。

目 录

第一章 建筑和火灾.....	(1)
一、起火的原因和燃烧的条件.....	(1)
二、火灾的发展和蔓延.....	(7)
三、建筑材料在高温下的状态.....	(13)
四、结构的倒塌与破坏.....	(17)
五、建筑物的耐火等级.....	(19)
六、建筑设计防火工作.....	(23)
第二章 民用建筑防火设计.....	(25)
一、民用建筑耐火等级与面积、长度、层数的关系	(25)
二、防火分隔物.....	(27)
三、安全疏散.....	(40)
四、建筑物的防烟.....	(51)
五、防火间距.....	(62)
六、城市的防火规划和总平面消防车道	
七、建筑防火设计上其它注意事项.....	
八、高层建筑防火设计.....	
九、地下建筑防火设计.....	(80)
第三章 工业厂房和库房等防火设计.....	(96)
一、生产和贮存物品的火灾危险性分类	(96)

二、厂房、库房的耐火等级.....	(100)
三、防火、防烟分隔物.....	(102)
四、厂房防爆设计.....	(110)
五、厂房及化工露天装置安全疏散.....	(117)
六、化学固定灭火装置.....	(122)
七、火灾自动报警系统.....	(130)
八、电子计算机房的防火设计.....	(137)
九、无窗厂房防火设计.....	(152)
第四章 工业企业总平面防火设计.....	(167)
一、工业企业总平面的防火要求.....	(167)
二、正确处理防火安全与节约用地的关系	(178)
第五章 采暖通风和煤气管道防火设计.....	(184)
一、采暖设备的防火问题.....	(184)
二、锅炉房防火设计.....	(188)
三、通风装置的防火.....	(190)
· 安装煤气管道的防火要求.....	(196)

第一章 建筑和火灾

火灾对社会能导致严重政治影响、巨大经济损失或重大人身伤亡。故建筑防火应在规划、设计阶段作周密考虑。

一、起火的原因和燃烧的条件

(一) 起火原因

建筑物起火的原因是多种多样而较复杂的，生产和生活中，有因为使用明火引起的、有因为化学或生物化学的作用造成的，有因为用电引起的，也有因为敌人纵火破坏引起的。

为了避免发生火灾，减少火灾损失，在着手设计一个建筑物时，我们应该首先调查一下这个建筑物可能起火的因素，分析同类建筑物起火的一般原因，以便有针对性地获取积极的预防措施。同时，参加设计的同志还应积极争取参加有关部门组织的火灾现场会和火灾原因调查，更多地了解情况，共同研究，总结经验教训，以便创造出更多、更有效的防火措施来。

生产和生活中，因为使用明火不慎引起火灾的次数是比较多的。例如在厂房内不顾周围环境随意动火焊接，烘烤物品过热、熬油溢锅等；在居住建筑内因打翻油灯、拿烛火到床底下找东西、炉火引着旁边的柴草、小孩玩火等；在公共场所内乱丢烟头、火柴梗，使火种混进废纸堆等，多数都是因为缺少防火常识，思想麻痹造成的。

除明火以外，暗火引起火灾的情况也有很多。其中有的是有火源的，如炉灶、烟囱的表面过热烤着靠近的木结构；也有没有火源的，如大量堆积在库房里的油布雨衣，因为通

风不好，雨衣内部发热，以至积热不散发生自然；把化学性质相互抵触的物品混在一起，发生化学反应起火或爆炸，化工生产设备失修，出现可燃气体、易燃、可燃液体跑、冒、滴、漏现象，一遇明火便燃烧或爆炸；机械设备摩擦发热，使接触到的可燃物自然起火等等都属暗火引起的火灾。

用电引起火灾的原因，主要是因为用电设备过负荷、导线接头接触不良电阻过大发热，使导线的绝缘物或沉积在电气设备上的粉尘自然；短路的电弧能使充油的设备爆炸；保险丝和开关的火花能使易燃、可燃液体蒸气与空气的混合物爆炸；易燃液体、可燃气体在管道内流动较快，摩擦产生静电，由于管线接地不良，在管道出口处出现放电火花，使被输送的液体或气体烧着，发生爆炸。

在雷击较多的地区，建筑物上如果没有可靠的防雷保护设施，便有可能发生雷击起火。

在建筑设计中，除了要充分估计到建筑物内部起火的可能，同时还要注意到外部可能出现引起建筑物起火的条件。不要留下隐患，为敌人纵火破坏造成可乘之机。

此外，突然的地震和战时的空袭，都会因为人们急于疏散而来不及断电、熄灭炉火、处理好易燃、易爆生产装置和危险物品，待房屋受震，极易起火，便出现了地震火灾或战时火灾的不幸。因此，情况迫使我们要有平战结合的观念，在建筑设计中考虑地震和战时火灾的特点，采取防范措施，避免大的火灾损失。

（二）燃烧的条件

“火”能造福于人类，人们的生产和生活哪一天也不能离开火的功能，但“火”在人们失去对它的正确控制之后，

也会危害于人类，成为一种灾害，即通称的“火灾”。

我国劳动人民在长期与火灾作斗争中，积累了丰富的经验。两千多年前的《礼记·月令》中，已经提到了发生火灾的规律。在《左传》中，记述了襄公九年春季宋国扑救大火时人员组织等生动的情况。《荀子》中曾提出“修火宪”制订防火制度等问题。

随着科学技术的发展，我们对火的认识则比古人要深刻得多了，而且深入到了对火的质的研究。火是一种放热发光的化学现象，是物质分子游离基的链锁反应。起火必须具备如下三个条件：

1. 存在能燃烧的物质。
2. 有助燃的氧气或氧化剂。
3. 有能使可燃物质燃烧的着火源。

只有上述三个条件同时出现，并相互接触就能起火。

一般固体的燃烧是在受热的条件下，由内部分解出可燃气体，这个气体遇到明火便开始与空气中的氧进行激烈的化合，发光发热，即所谓物质的发焰燃烧或着火。固体用明火点燃，能发火燃烧时的最低温度，就是该物质的燃点。几种可燃固体的燃点如表1—1。

可燃固体的燃点

表1—1

名 称		燃点(℃)	名 称		燃点(℃)
纸	张	130	粘胶纤维		235
棉	花	150	涤纶纤维		390
棉	布	200	松 木		270~290
麻	绒	150	橡 胶		130

可燃固体达到燃点温度时，遇明火就燃烧，这是大家都知道的。而对于没有明火作用能自行发焰燃烧的现象，就不大熟悉了，然而它却是形成火灾的重要原因之一。

例如，木料受热在 100°C 以下时主要是蒸发水分，超过 100°C 开始分解可燃气体，并随着自身放出少量的热。温度到达 $260\sim 270^{\circ}\text{C}$ ，放热量开始增多，即使在外界热源移走后，木材仍能靠自身的发热来提高温度到达燃点。木材也可以在没有外界明火点燃的条件下，由于温度逐渐提高达到自己发焰燃烧的温度，即自然点。这就说明了，为什么木结构靠近炉灶、烟囱，在通风散热条件不好的条件下，天长日久能够自燃的根本原因。

成堆的粮食或稻草等由于本身含有一定的水分，在微生物作用下，内部生霉，发热，如果不及时通风倒垛，便会自行起火燃烧，这是生物作用引起的自燃。

有些固体在常温下能自行分解，或在空气中氧化导致迅速自燃或爆炸，如硝化棉、赛璐璐、黄磷等；有的在常温下受到水或空气中水蒸汽的作用，能产生可燃气体，并引起燃烧或爆炸，如金属钾、钠、电石、氢化钠等；有的受到撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触能引起燃烧或爆炸，如赤磷、五硫化磷等；还有的遇酸、受热、受撞击、摩擦，以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂，如氯酸钾、氯酸钠、过氧化钾、过氧化钠等。上述这些固体都属易燃、易爆的化学危险物品。

液体在常温下有的快速挥发，有的则比较缓慢。因为液体是靠蒸气燃烧，所以挥发快的比挥发慢的要危险。在低温条件下易燃、可燃液体蒸气与空气混合到达一定的浓度，遇

到明火点燃即发生蓝色一闪即灭，不再继续烧烧的现象。这个现象叫闪燃。出现闪燃的最低温度叫闪点。闪燃出现的时间不长，因为当时液体蒸发的速度还供不上燃烧的需要，所以很快便把仅有的蒸气烧光。但是，如果温度继续升高，挥发的速度加快，这时再遇到明火便有起火爆炸的危险了。所以，闪点是易燃、可燃液体即将起火燃烧的前兆，这对防火来说，具有重要的意义。

各种可燃液体有着不同的闪点温度，而且闪点温度越低，火灾的危险性越大。所以，闪点是作为确定液体火灾危险性主要的依据。现将常见的几种易燃、可燃液体的闪点例举如表1—2。

液 体 的 闪 点 **表1—2**

液体名称	闪点(℃)	燃 体 名 称	闪点(℃)
石 油 醚	-50	吡 啶	+20
汽 油	-58~+10	丙 酮	-20
二硫化碳	-45	苯	-14
乙 醚	-45	醋酸乙酯	+1
氯 乙 烷	-38	甲 苯	+1
二氯乙烷	+21	甲 醇	+7

从表1—2可以看出，许多液体的闪点都是很低的，说明它们的火灾危险性都比较大。所以，为了便于防火管理，有区别地对待不同火灾危险性的液体，便以闪点45℃为界，将闪点小于或等于45℃的液体划为易燃液体，将闪点大于45℃的液体划为可燃液体。

可燃气体、易燃、可燃液体蒸气、粉尘与空气混合，达到一定浓度，遇到明火便发生爆炸。可燃气体、易燃、可燃液体蒸气、粉尘与空气组成气体爆炸性混合物，遇明火发生爆炸的最低浓度，叫爆炸下限，遇火源能发生爆炸的最高浓度，称为爆炸上限。浓度在下限以下的时候，可燃气体、易燃、可燃液体蒸气、粉尘的数量很少不足以发火燃烧；浓度在下限和上限之间即浓度比较合适时遇明火就要爆炸；超过上限则因氧气不足，在密闭容器内遇明火不会燃烧爆炸。为了防爆安全的需要，选择最容易出现危险浓度，多强调爆炸性混合物的爆炸下限，如表1—3。

可燃气体、易燃、可燃液体蒸气爆炸下限 表1—3

名 称	爆炸下限(%容积)	名 称	爆炸下限(%容积)
煤 油	1.0	丁 烷	1.9
汽 油	1.0	异 丁 烷	1.6
丙 酮	2.55	乙 烯	2.75
苯	1.5	丙 烯	2.0
甲 苯	1.27	丁 烯	1.7
二硫化碳	1.25	乙 炔	2.5
甲 烷	5.0	硫 化 氢	4.3
乙 烷	3.22	一氧化碳	12.5
丙 烷	2.37	氢	4.1

我们日常遇到能够引起物质燃烧或爆炸的情况很多。厂房内堆积着大量易燃、可燃的原料、成品、半成品，在它们

周围便有着各种各样的着火源；化工生产设备内流动着大量受着高温、高压的易燃、可燃液体，只要管道出现漏洞，喷出来就是火；工地上的生石灰遇水发热能把草袋烧着；家中用火做饭、取暖、照明油灯，稍不小心便会起火。总之，由于物质燃烧的性质，一遇适当的条件，便会循着自身内在的规律燃烧或爆炸。这个自然界的客观规律要求我们去了解它，并在建筑设计中，针对物质燃燃的条件，采取防火、防爆的具体措施。

二、火灾的发展和蔓延

（一）火灾发展的过程

经分析国内外火灾实例，按其特点，可将火灾发展的过程分为三个阶段。

第一阶段是火灾初起阶段，当时的燃烧是局部的，火势不够稳定，室内的平均温度不高。第二阶段是火灾发展到猛烈燃烧的阶段，这时烧烧已经蔓延到整个房间，室内温度升高到 1000°C 左右，燃烧稳定，难于扑灭。最后进入第三阶段，即衰减熄灭阶段，这时室内可以燃燃的东西已经基本烧光，燃烧向着自行熄灭的方向发展。

火灾发展过程与建筑防火发生关系的是第一阶段和第二阶段。需要针对火灾发展阶段的特点，采取限制火势发展或抵制火直接威胁的保护措施。

例如，火灾初起阶段的时间，根据具体条件，可在5～20分钟之间。这时的燃烧是局部的，火势发展不稳定，有中断的可能。根据这一特点，我们应该设法争取及早发现，把火及时控制和消灭在起火点。为此，就要安装和配备适当数

量的灭火设备，创造及时发现和报警的条件。为了限制火势发展要考虑在可能起火的部位尽量少用或不用可燃材料，或在易于起火并有大量易燃物品部位的上空设置排烟窗，这样起火后，炽热的火焰或烟气可由上部排除，烧烧面积就不能扩大，火灾发展蔓延的危险性降低了。

火灾发展到第二阶段，室内的物体都在猛烈烧燃。这阶段的延续时间与起火原因无关，而主要决定于燃烧物质的数量和通风条件。

为了减少火灾损失，针对火灾发展第二阶段温度高、时间长的特点，建筑设计任务就是要设置防火分隔物（防火墙、防火门、耐火顶板等），把火限制在起火部位，使它不能很快向外蔓延；并适当地选用耐火时间较长的建筑结构，使它在猛烈的火焰作用下，保持应有的强度的稳定，直到消防人员到达把火熄灭。而且要求建筑物的主要承重构件不会遭到致命的损害，便于修复继续使用。

火灾发展的第三阶段，火势走向熄灭。室内可供燃烧的物质减少，门窗破坏，木结构的屋顶烧穿，温度逐渐下降，直到室内外的温度平衡，把全部可燃物烧光为止。这是火灾时假设不进行抢救的情况，对防火已无意义。

（二）火势蔓延途径

火势蔓延是通过热的传播。

在起火房间内，火由起火点主要是靠直接延烧和热的辐射进行扩大蔓延的。

在起火的建筑物内，火由起火房间转移到其它房间的过程，主要是靠可燃构件的直接延烧、热的传导、热辐射和热的对流。

热的传导，即物体一端受热，通过物体热分子的运动，把热传到另一端。例如，水暖工在顶棚下面用喷灯烘烧由闷顶内穿出来的暖气管道，在没有采取安全措施的情况下，经常会使顶棚上的保暖材料自燃起火，这就是钢管热传导的结果。

热辐射，即热由热源以电磁波的形式直接发射到周围物体上。在烧得很旺的火炉旁边能把湿的衣服烤干，如果靠得太近，还可能把衣服烧着。在火场上，起火建筑物也象火炉一样，能把距离较近的建筑物烤着燃烧，这就是热辐射的作用。

热的对流，是炽热的燃烧产物（烟气）与冷空气之间相互流动的现象。因为烟带有大量的热，并以火舌的形式向外伸展出去。热烟流动的原因，是因为热烟的比重小，正象油浮在水面上一样，向上升腾，与四周的冷气形成对流。起火时，烟从起火房间的窗口排到室外，或经内门流向走道，窜到其它房间，并通过楼梯间向上流到屋顶。火场上火势发展的规律表明，浓烟流窜的方向，往往就是火势蔓延的途径。特别是混有未完全燃烧的可燃气体或可燃液体、蒸气的浓烟，窜到离起火点很远的地方，重新遇到火源，便瞬时爆燃，使建筑物全面起火燃烧。例如剧院舞台起火后，当舞台与观众厅顶棚之间没有设防火分隔墙时，烟或火舌便从舞台上空直接进入观众厅的闷顶，使观众厅闷顶全面燃烧，然后再通过观众厅山墙上为施工留下的孔洞进入门厅，把门厅的闷顶烧着，这样蔓延下去直到烧毁整个建筑物（图1—1）。由此可知热对流对火势蔓延的重要作用了。

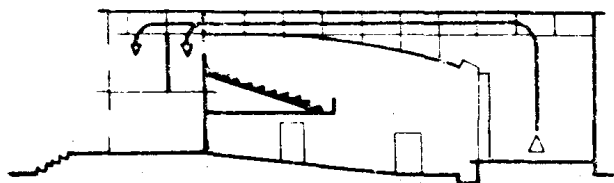


图 1-1 剧场火势蔓延途径
图一起火点；→火势蔓延途径

研究火势蔓延途径，是在建筑物中采取防火隔断，设置防火分隔物的根据；也是灭火战斗采取“堵截包围、穿插分割”最后扑灭火灾的需要。综合火灾实际，可以看出火从起火房间向外蔓延的途径主要有以下几个方面：

1. 外墙窗口

火通过外墙窗口向外蔓延的途径，一方面是火焰的热辐射穿过窗口烤着对面建筑物。另一方面是靠火舌直接向上烧向屋檐或上层。底层起火，火舌由室内经底层窗口穿出如图 1—2，向上从上层窗口窜到上层室内，这样逐层向上蔓延，会使整个建筑物起火。这并不是偶然的现象。所以为了防止火势蔓延，要求上、下层窗口之间的距离，尽可能大些。要利用窗过梁挑檐、外部非燃烧体的雨棚、阳台等设施，使烟火偏离上层窗口，阻止火势向上蔓延。

2. 内墙门

在起火房间内，当门离起火点较远时，燃烧以热辐射的形式，使木板的受热表面温度升高，直到发火自燃，最后把

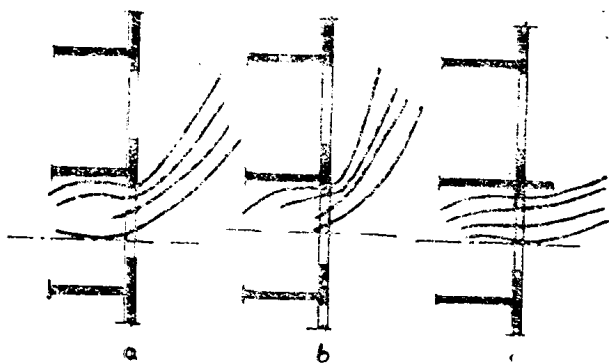


图 1-2 窗口上缘对热气流的影响

a—窗口上缘较低距上层窗台远；b—窗口上缘较高距上层窗台近；

c—窗口上缘有挑出雨棚使气流偏离上层窗口

门烧穿，烟火从门窜到走道，进入相邻房间。所以木板门是房间外壳阻火的薄弱环节，是火灾突破外壳窜到其它房间的重要途径之一。

在具有砖墙和钢筋混凝土楼板的建筑物内，情况也是一样。燃烧的房间，开始时往往只有起火的一个，而火最后蔓延到整个建筑物。其原因大多都是因为内墙的门未能把火挡住，火烧穿内门，经走道，再通过相邻房间开敞的门进入邻间，把室内的物品烧着。但如果相邻房间的门关得很严，在走道内没有可燃物的条件下，光靠火舌是不会很容易的把相邻房间的门烧穿进入室内的。所以内门的防火问题也很重要。

3. 间隔墙

当隔墙为木板时，火很容易的穿过木板的缝隙，窜到墙的另一面，同时木板极易燃烧。板条抹灰墙受热时，内部首先自燃，直到背火面的抹灰层破裂，火才能够蔓延过去。另

外，当墙为厚度很小的非燃烧体时，隔壁靠墙堆放的易燃物体，可能因为墙的导热和辐射而自燃起火。

4. 楼板

由于热气流向上的特性，火总是要通过上层楼板、楼梯口、电梯井或吊装孔向上蔓延的。

火自上而下的使木地板起火的可能是比较小的。只有在辐射热很强或正在燃烧的可燃物落地很多时，木地板才有可能起火烧烧。

5. 空心结构

在板条抹灰墙木筋间的空间、木楼板搁栅间的空间、屋盖空心保暖层等结构封闭的空间内（简称空心结构），热气流能把火由起火点带到连通的全部空间，在内部烧燃起来不被觉察。这样的火灾及至被人发觉，往往已是难于扑救了。例如，一个五层砖木结构的建筑物起火，起火原因是位于地下室的火炉烤着有抹灰的空心板条墙，使内部的木筋燃烧。火由地下室顺着板条抹灰墙的空间，直到第五层才从板条墙里烧到墙外，而其它各层并未发现有火（如图1—3）。这种现象，常给灭火工作带来很多困难。一方面是难于找到真正的起火点，另一方面是即便发现了起火点，又不易找到燃烧

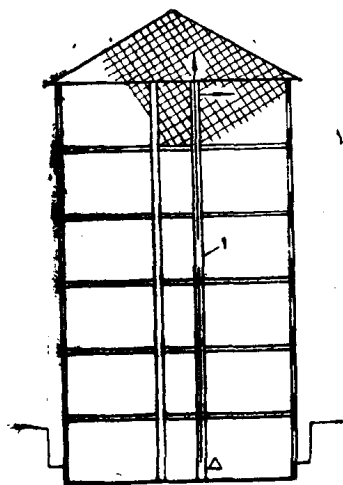


图 1-3 五层楼的火势蔓延途径

△一起火点；1—空心板条墙

蔓延的部位，所以，很难一次将火全部扑灭，致使建筑物遭到严重破坏。其根本原因，就是由于建筑物在设计 and 施工时，造成了用燃烧体建造的纵横交错，整体串联封闭的空间。

三、建筑材料在高温下的状态

（一）建筑材料的燃烧性能

建筑材料受到火烧以后，有的要随着起火燃烧，如纸板、木材；有的只觉火热，是不见火焰的微燃，如含砂石较多的沥青混凝土；有的只见碳化成灰，不见起火的，如毛毡和防火处理过的针织品；也有不起火、不微燃、不碳化的砖、石、钢筋混凝土等。按照燃烧性能可将建筑材料分为三类：

1. 非燃烧材料：是指在空气中受到火烧或高温作用时不起火、不微燃、不碳化的材料，如金属材料和无机矿物材料。

2. 难燃烧材料：是指在空气中受到火烧或高温作用时，难起火、难微燃、难碳化，当火源移走后，燃烧或微燃立即停止的材料。如刨花板和经过防火处理的有机材料。

3. 燃烧材料：是指在空气中受到火烧或高温作用时，立即起火或微燃，且火源移走后，仍能继续燃烧或微燃的材料，如木材等。

建筑材料在火灾条件下，除了燃烧以外，有的还要随着火灾温度的升高，而降低本身的强度。金属材料虽不燃烧，但在温度升高到某一范围，或者说是到达了某一极限温度值时，强度便大幅度的下降。如钢材在 20°C 时的强度为4500公斤/平方厘米，在 485°C 时为2780公斤/平方厘米，几乎降到