

建筑消防工程 设计手册

主编 郭树林 孙英男

中国建筑工业出版社

建筑消防工程设计手册

主编 郭树林 孙英男

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑消防工程设计手册/郭树林, 孙英男主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2012. 4
ISBN 978-7-112-14224-8

I. ①建… II. ①郭…②孙… III. ①建筑物-消防设
备-设计-手册 IV. ①TU892-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 064756 号

本书以国家住建部最新颁布实施的《建筑设计防火规范》(GB 50016—2012)、《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116—2012) 等规范、标准为依据, 从系统安全的角度出发, 构建了建筑消防设计的完整框架。结合建筑防火设计思想, 分析了建筑火灾发生、发展的基本规律, 围绕建筑防火的技术措施, 系统地阐述了建筑设计防火, 建筑消防系统、建筑防排烟、火灾自动报警系统的设计要点。

本书可作为高等院校消防工程专业、安全工程专业和建筑电气工程专业教材, 也可供建筑施工现场设计人员、施工人员、监理人员等学习参考。

* * *

责任编辑: 强十渤
责任设计: 赵明霞
责任校对: 陈晶晶 赵颖

建筑消防工程设计手册

主编 郭树林 孙英男

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京世知印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16½ 字数: 408 千字

2012 年 7 月第一版 2012 年 7 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-14224-8

(22289)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编 委 会

主 编 郭树林 孙英男

副主编 马伟明 王长川 王 强

参 编 (按姓氏笔画排序)

石 琳 白海军 刘文明 关大巍

吴炳龙 房建兵 郝广雨

前 言

随着我国经济建设的快速发展，新建、改建、扩建工程大量增加，建筑消防安全问题正在成为人们日益关注的焦点。随着新能源、新材料、新设备在建筑领域的开发与利用，建筑火灾发生的频率越来越高，造成了巨大的损失。建筑火灾的严重性，时刻提醒人们要加大消防工作力度，做到防患于未然。分析众多建筑火灾、造成大量人员伤亡和财产损失的根源，主要是在于建筑防火设计不符合建筑防火技术规范的规定，或者建筑防火设计技术措施没有在实际工程中得到落实，留下了安全隐患。基于上述原因，必须培养更多的掌握建筑消防法律法规、设备消防安全技术、防火灭火工程技术专业人才。

本书共八章，内容包括：建筑消防工程设计基础知识、建筑耐火设计、总平面防火设计、防火分区与建筑平面防火设计、建筑防排烟设计、安全疏散、建筑消防系统设计、特殊建筑场所防火设计等。本书具有很强的针对性和适用性，结构体系上重点突出、详略得当，注重知识的融贯性。

本书第1章由马伟明编写，第2章、第8章第3节由王长川编写，第3章、第8章第1、2节由王强编写，第4章由关大巍编写，第5章、第8章第4节由郝广雨编写，第6章、第7章第4节由吴炳龙编写，第7章第1、2节由孙英男编写，第7章第3节由郭树林编写。本书由郭树林、孙英男担任总编，由郭树林对本书各章进行了统稿。

此外，白海军、房建兵、石琳、刘文明参加了本书资料的搜集和整理。

由于时间仓促及编者的水平有限，尽管反复推敲核实，但内容难免有疏漏或不妥之处，恳请读者给予批评指正。

2012年3月

目 录

1 建筑消防工程设计基础知识	1
1.1 建筑火灾	1
1.2 建筑火灾烟气及其流动与控制	11
1.3 建筑消防设计基本概念	32
2 建筑耐火设计	35
2.1 建筑耐火等级	35
2.2 钢筋混凝土构件的耐火性能	47
2.3 钢结构耐火设计	51
3 总平面防火设计	58
3.1 总平面布局	58
3.2 防火间距	60
3.3 消防车道、作业场地	77
4 防火分区与建筑平面防火设计	84
4.1 防火分区的作用与类型	84
4.2 防火分区设计标准	85
4.3 防火分隔物	90
4.4 特殊部位防火分隔设计	98
4.5 建筑平面防火设计	106
5 建筑防排烟设计	117
5.1 防烟分区	117
5.2 防排烟方式	121
5.3 自然排烟设计	123
5.4 机械防烟设计	128
5.5 机械排烟设计	135
6 安全疏散	144
6.1 安全疏散设计原则及影响因素	144
6.2 疏散安全分区	145
6.3 安全疏散时间与距离	145
6.4 安全出口	150
6.5 疏散楼梯	157
6.6 消防电梯	165
7 建筑消防系统设计	169
7.1 建筑消防给水灭火系统设计	169

7.2	建筑采暖、通风系统防火设计	198
7.3	电气防火与火灾监控系统设计	203
7.4	建筑内部装修防火设计	229
8	特殊建筑场所防火设计	236
8.1	地下建筑消防设计	236
8.2	古建筑消防设计	239
8.3	工业企业建筑防爆设计	241
8.4	城市交通隧道消防设计	249
参考文献.....		255

1 建筑消防工程设计基础知识

1.1 建 筑 火 灾

1.1.1 火灾的形成条件

1. 可燃物

1) 凡是能与空气中的氧或者其他氧化剂发生化学反应的物质称为可燃物。可燃物按照其物理状态可以分为气体、液体和固体三类。

①气体可燃物：凡是在空气中能燃烧的气体都称为可燃气体。可燃气体在空气中燃烧，同样要求与空气的混合比在一定燃烧（爆炸）范围内，并且需要一定的温度（着火温度）引发反应。

②液体可燃物：液体可燃物大多数是有机化合物，分子中都含有碳、氢原子，有些还含有氧原子。液体可燃物中有不少是石油化工产品。

③固体可燃物：凡遇明火、热源能在空气中燃烧的固体物质称为可燃固体，如木材、纸张、谷物等。固体物质中，有一些燃点较低、燃烧剧烈的，称为易燃固体。

2) 可燃物的火灾危险性类别，见表 1-1。从表中可以看出，甲类易燃液体和可燃气体的闪点较低，爆炸极限范围宽，其火灾危险性最大。在建筑设计中，针对各种不同物品的燃烧特性和火灾危险性，应分别采取相应的防火阻燃和灭火技术措施。

可燃物的火灾危险性类别

表 1-1

物品的火灾危险性类别	物品的火灾危险性特征
甲	①闪点小于 28℃的液体 ②爆炸下限小于 10%的气体，以及受到水或空气中水蒸气的作用，能产生爆炸下限小于 10%气体的固体物质 ③常温下能自行分解或在空气中氧化能导致迅速自燃或爆炸的物质 ④常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 ⑤遇酸、受热、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 ⑥受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质
乙	①闪点大于等于 28℃，但小于 60℃的液体 ②爆炸下限大于等于 10%的气体 ③不属于甲类的氧化剂 ④不属于甲类的化学易燃危险固体 ⑤助燃气体 ⑥常温下与空气接触能缓慢氧化，积热不散引起自燃的物品

续表	
物品的火灾危险性类别	物品的火灾危险性特征
丙	①闪点大于等于 60℃的液体 ②可燃固体
丁	难燃烧物品
戊	不燃烧物品

建筑物中可燃物种类很多，其燃烧发热量也因材料性质不同而异。为了方便研究，在实际中常根据燃烧热值把某种材料换算为等效发热量的木材，用等效木材的质量表示可燃物的数量，称为当量可燃物的量。通常，大空间所容纳的可燃物比小空间要多，因此当量可燃物的数量与建筑面积或者容积的大小有关。为了方便研究火灾性状，通常把火灾范围内单位地板面积的当量可燃物的质量（kg/m²）定义为火灾荷载。房间中火灾荷载的总和，称为当量可燃物总量。当量可燃物总量与房间中单位面积上的实际可燃物数量以及各种可燃物的实际总数量有所不同。火灾荷载可按照下式进行计算：

$$W = \frac{\sum (G_i H_i)}{H_0 A_F} = \frac{\sum Q_i}{H_0 A_F}$$

(1-1)

式中 W——火灾荷载（kg/m²）；
G_i——某可燃物质量（kg）；
H_i——某可燃物热值（kJ/kg）；
H₀——木材的热值（kJ/kg）；
A_F——室内的地板面积（m²）；
ΣQ_i——室内各种可燃物的总发热量（kJ）。

火灾荷载是衡量建筑物室内所容纳可燃物数量多少的一个参数，是分析建筑物火灾危险性的一个重要指标，是研究火灾发展阶段特性的基本要素。火灾荷载与燃烧特性的关系参见表 1-2。

火灾荷载与燃烧特性		表 1-2
火灾荷载 (kg/m ²)	热 量 (MJ/m ²)	燃烧时间——相当于标准 温度曲线的时间 (h)
24	454	0.5
49	909	1.0
73	1363	1.5
98	1819	2.0
147	2727	3.0
195	3636	4.5
244	4545	7.0
288	5454	8.0
342	6363	9.0

在建筑物发生火灾时,火灾荷载直接决定着火灾持续时间的长短和室内温度的变化情况。因而,在进行建筑结构防火设计时,需要了解火灾荷载的概念,并且合理确定火灾荷载数值。试验证明,火灾荷载为 $60\text{kg}/\text{m}^2$ 时,其持续燃烧时间为 1.3h 。一般住宅楼的火灾荷载为 $35\sim 60\text{kg}/\text{m}^2$,高级宾馆达到 $45\sim 60\text{kg}/\text{m}^2$ 。当火灾发生时,由于火灾荷载大,导致火势燃烧猛烈,燃烧持续时间长,火灾危险性增大。

2. 助燃物(氧化剂)

助燃物一般是指帮助可燃物燃烧的物质,也可指能与可燃物质发生燃烧反应的物质。化学危险物品分类中的氧化剂类物质均为助燃物。除此之外,助燃物还包括一些未列入化学危险物品的氧化剂,如正常状态下的空气等,为了明确助燃物的种类,应首先了解列入危险物品的氧化剂的种类。在此基础上,还须了解未列入危险物品氧化剂类的助燃物有哪些种类。

广义上的氧化剂是指在氧化还原反应中得到电子的物质。危险物品分类中的氧化剂是指具有强烈氧化性能并且易引起燃烧或者爆炸的一类物质,这类物质按照其不同性质,在不同条件下,遇酸、碱或者受潮湿、强热、摩擦、撞击或者与易燃的有机物、还原剂等接触,即能分解引起燃烧或爆炸。

火灾和爆炸事故中最常见的助燃物是空气,在火灾发生时,空气中的氧气是一种最常见的助燃剂。在热源能够满足持续燃烧要求的前提下,氧化剂的量和供应方式是影响和控制火灾发展事态的决定性因素。

3. 着火源

着火源是指能引起可燃物质燃烧的热能源,着火源可以是明火,也可以是高温物体,如火焰、电火花、高温表面、自然发热、光和热射线等,它们的能量和能级存在很大差别。在一定温度和压力下,能引起燃烧所需的最小能量称为最小点火能,这是衡量可燃物着火危险性的一个重要参数。通常,可燃混合气的初温增加,最小点火能减少;压力降低,则最小点火能增大。当压力降到某一临界压力时,可燃混合气就很难着火。

下面以球形电火花为例,说明最小点火能的概念。如图 1-1 所示为电火花点火的简化模型,相应的简化条件为:

- 1) 可燃混合气体处于静止状态。
- 2) 电极间距足够大(不考虑电极的冷熄作用)。
- 3) 化学反应为二级反应。

假设从球心到球面温度分布均匀,球形火焰温度为绝热火焰温度(T_m),环境温度为 T_∞ 点燃的判据,是在火焰厚度 δ 内形成 $T_m \sim T_\infty$ 的稳定分布。

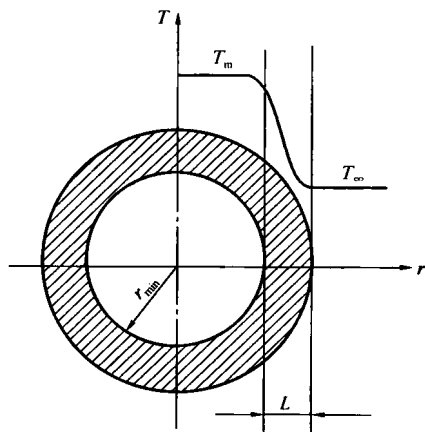


图 1-1 电火花点火模型

则要使半径为 $r_{\min}$ 球体内的可燃混合气体用电火花将其从 T_∞ 加热到 T_m 时,所需要的最小点火能应为:

$$H_{\min} = k_1 \frac{4}{3} \pi r_{\min}^3 c_p \rho (T_m - T_\infty) \quad (1-2)$$

式中 k_1 ——修正系数,用来修正电火花加热温度总低于 T_m 而带来的误差;

T_m ——球形火焰温度 (K);

T_∞ ——环境温度 (K);

$r_{\min}$ ——球形可燃混合气体半径 (m);

c_p ——可燃混合气体比定压热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];

ρ ——可燃混合气体密度 (kg/m^3)。

实践证明,多数火花(例如电闸跳火)具有这个能量,因此,必须加强对明火的控制。

1.1.2 火灾的形成原因

建筑起火的原因,归纳起来大致可分为七类。

1. 生活用火不慎

这类火灾原因,大体有以下几方面:

1) 炊事用火。炊事用火是人们最经常的生活用火,除了居民家庭外,单位的食堂、饮食行业都涉及炊事用火。炊事用火的主要器具,如炉灶设置地点不当,安装不符合安全要求,烟囱距离可燃构件等太近或者其间没有可靠的隔火、隔热措施,在使用炉灶过程中违反防火安全要求或出现异常事故等都可能引起火灾。

2) 灯火照明。城市和乡村在供电发生故障或修理线路时,常用蜡烛、油灯照明。婚事、丧事、喜事等也往往燃点蜡烛。少数无电的农村和边远地区则都靠蜡烛、油灯等照明。蜡烛和油灯使用不当,容易引起火灾事故。

3) 取暖用火。我国部分地区,特别是北方地区,冬季都要取暖。除了宾馆、饭店和部分居民住宅使用空调和集中供热外,其余部分使用明火取暖。取暖用的火炉、火炕、火盆及用于排烟的烟囱在设置、安装、使用不当时,都可能引起火灾。

4) 燃放烟花爆竹。我国每年春节期间火灾频繁,其中 80% 以上是燃放烟花爆竹所引起的。

2. 吸烟不慎和玩火

在生活用火引起的火灾中,吸烟不慎引起的火灾次数占很大比例。如将没有熄灭的烟头和火柴梗扔在可燃物中引起火灾;醉酒后躺在床上吸烟,烟头不慎掉在被褥上引起火灾。小孩玩火虽不是正常生活用火,但却是常见的火灾原因。

3. 放火

放火分刑事犯罪放火以及精神病人放火。

4. 电气设备设计、安装、使用及维护不当

电气设备引起火灾的原因,主要有电气设备过负荷、电气线路接头接触不良、电气线路短路;照明灯具设置使用不当,例如,将功率较大的灯泡安装在木板、纸等可燃物附近,将荧光灯的镇流器安装在可燃基座上,以及用纸或布做灯罩并紧贴在灯泡表面上等;在易燃易爆的车间内使用非防爆型的电动机、灯具、开关等。

5. 违反安全生产制度

生产用火不慎引起的火灾,例如用明火熔化沥青、石蜡或者熬制动、植物油时,因超过其自燃点所引起的火灾。在烘烤木板、烟叶等可燃物时,因升温过高,导致可燃物起火

所引起的火灾。锅炉中排出的炽热炉渣处理不当,也会引燃周围的可燃物。

此外,由于违反生产安全制度引起火灾的情况也很多。如在易燃、易爆的车间内动用明火,引起爆炸起火;将性质相抵触的物品混存在一起,引起燃烧爆炸;在焊接和切割时,会飞进出大量火星和熔渣,并且焊接切割部位温度很高,如果没有采取相应的防火措施,则很容易酿成火灾;在机器运转过程中,不按时加油润滑,或者没有清除附在机器轴承上面的杂质、废物,而使这些部位摩擦发热,引起附着物燃烧起火;电熨斗放在可燃台板上,没有切断电源就离去,导致电熨斗过热,将台板烤燃引起火灾;化工生产设备失修,致使可燃气体、易燃液体、可燃液体发生跑、冒、滴、漏,遇明火发生燃烧或者爆炸。

6. 自然现象引起

1) 自燃。自燃是指在没有任何明火的情况下,物质受空气氧化或外界温度、湿度的影响,经过较长时间的发热和蓄热,逐渐达到自燃点而发生燃烧的现象。

2) 雷击。雷电引起的火灾原因,大体上有三种:一是雷电直接击在建筑物上发生的热效应、机械效应作用等;二是雷电产生的静电感应作用和电磁感应作用;三是高电位沿着电气线路或金属管道系统侵入建筑物内部。在雷击较多的地区,建筑物上如果没有设置可靠的防雷保护设施或其失效,便有可能发生雷击起火。

3) 地震。发生地震时,人们急于疏散,往往来不及切断电源、熄灭炉火以及处理好易燃、易爆生产装置和危险物品等,因而伴随着地震发生,会有各种火灾发生。

4) 静电。静电通常是由摩擦、撞击而产生的。因静电放电引起的火灾事故屡见不鲜。如易燃、可燃液体在塑料管中流动,由于摩擦产生静电,引起易燃、可燃液体燃烧爆炸;抽送易燃液体流速过大,无导除静电设施或者导除静电设施不良,导致大量静电电荷积聚,产生火花引起爆炸起火;在有大量爆炸性混合气体存在的地点,身上穿着的化纤织物的摩擦、塑料鞋底与地面的摩擦产生的静电引起爆炸性混合气体爆炸等。

7. 建筑布局不合理,建筑材料选用不当

如果在建筑布局方面,防火间距不符合消防安全要求,没有考虑风向、地势等因素对火灾蔓延的影响,往往会造成发生火灾时火烧连营,形成大面积火灾。在建筑构造上大量采用可燃构件,在建筑装修时大量使用可燃、易燃装修材料,都会大大增加建筑火灾发生的可能性。

1.1.3 火灾的形成过程

绝大部分火灾是发生在建筑物内。火灾最初都是发生在建筑物内的某一区域或者房间内的某一点,随着时间的增长,开始蔓延扩大直到整个空间、整个楼层,甚至整座建筑物。火灾的发生和发展的整个过程是一个非常复杂的过程,其所受到的影响因素众多,其中热量的传播是影响火灾发生和发展的决定性的因素。伴随着热量的传导、对流和辐射,使建筑物室内环境的温度迅速升高,若超过了人所能承受的极限,便会危及生命。随着室内温度进一步升高,建筑物构件和金属失去其强度,从而造成建筑物结构损害,房屋倒塌,甚至造成更为严重的生命和财产损失。

通常,室内平均温度随时间的变化可用曲线表示,用来说明建筑物室内的火灾发展过

程,如图 1-2 所示。

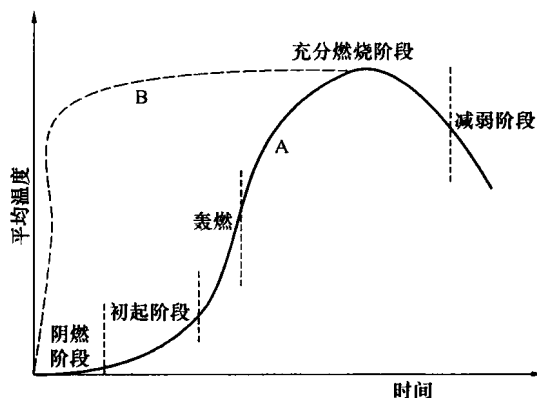


图 1-2 建筑物火灾发展过程

A--可燃固体火灾室内平均温度的上升曲线; B--可燃液体火灾室内火灾的平均升温曲线

由图 1-2 可以看出火灾的发生、发展趋势,可以归结为下列几个阶段:

1. 阴燃阶段

阴燃是没有火焰的缓慢燃烧现象。很多固体物质,如纸张、锯末、纤维织物、纤维素板、胶乳橡胶以及某些多孔热固性塑料等,都有可能发生阴燃,尤其是当它们堆积起来的时候更容易发生阴燃。阴燃是固体燃烧的一种形式,是无可见光的缓慢燃烧,通常产生烟和温度上升等现象。阴燃与有焰燃烧的区别是无火焰,阴燃与无焰燃烧的区别是能热分解出可燃气体,因此在一定条件下阴燃可以转换成有焰燃烧。

2. 火灾初起阶段

当阴燃达到足够温度以及分解出了足够的可燃气体,阴燃就会转化成有焰燃烧现象。通常把可燃物质,如气体、液体和固体的可燃物等,在一定条件下形成非控制的火焰称为起火。在建筑火灾中,初始起火源多为固体可燃物。在某种点火源的作用下,固体可燃物的某个局部被引燃起火,失去控制,称为火灾初起阶段。

火灾初起阶段是火灾局限在起火部位的着火燃烧阶段。火是从某一点或者某件物品开始的,着火范围很小,燃烧产生的热量较小,烟气较少且流动速度很慢,火焰不大,辐射出的热量也不多,靠近火点的物品和结构开始受热,气体对流,温度开始上升。

火灾初起,如果能及时发现,是灭火和安全疏散最有利的时机,用较少的人力和简易灭火器材就能将火扑灭。此阶段,任何失策都会导致不良后果。例如,惊慌失措、不报警、不会报警、不会使用灭火器材、灭火方法不当、不及时提醒和组织在场人员撤离等,都会错过有利的短暂时机,使火势得以扩大到发展阶段。因此,人们必须学会正确认识和处置起火事故,将事故消灭在初起阶段。

3. 火灾发展阶段

在火灾初起阶段后期,火焰由局部向周围物质蔓延、火灾范围迅速扩大,当火灾房间温度达到一定值时,聚积在房间内的可燃气体突然起火,整个房间充满了火焰,房间内所有可燃物表面部分都被卷入火灾之中,且燃烧很猛烈,温度升高很快。房间内局部燃烧向全室性燃烧过渡,形成轰燃。

轰燃是指房间内的所有可燃物几乎瞬间全部起火燃烧，火灾面积扩大到整个房间，火焰辐射热量最多，房间温度上升并达到最高点，火焰和热烟气通过开口和受到破坏的结构开裂处向走廊或其他房间蔓延。建筑物的不燃材料和结构的机械强度将明显下降，甚至发生变形和倒塌。轰燃是室内火灾最显著的特征之一，它标志着火灾全面发展阶段的开始。对于安全疏散而言，人们若在轰燃之前还没有从室内逃出，则很难幸存。

轰燃发生后，房间内所有可燃物将会猛烈燃烧，放热速度很快，因而房间内温度升高很快，并出现持续性高温，最高温度可达到 1100℃ 左右。火焰、高温烟气从房间的开口部位大量喷出，把火灾蔓延到建筑物的其他部分。室内高温还对建筑构件产生热作用，使建筑物构件的承载能力下降，造成建筑物局部或者整体倒塌破坏。

耐火建筑的房间通常在起火后，由于其四周墙壁和顶棚、地面采用具有一定耐火极限的不燃烧体构件而不会被烧穿，因此发生火灾时房间通风开口的大小没有什么变化，当火灾发展到全面燃烧阶段，室内燃烧大多由通风控制着，室内火灾保持着稳定的燃烧状态。火灾全面发展阶段的持续时间取决于室内可燃物的性质和数量、通风条件等。

为了减少火灾损失，针对火灾全面发展阶段的特点，在建筑防火设计中应采取的主要措施是在建筑物内设置具有一定耐火性能的防火分隔物，把火灾控制在一定的范围内，防止火灾大面积蔓延；选用耐火程度较高的建筑结构作为建筑物的承重体系，确保建筑物发生火灾时保持坚固，为火灾中人员疏散、消防队扑救火灾、火灾后建筑物修复以及继续使用创造条件，并且还要防止火灾向相邻建筑蔓延。

4. 熄灭阶段

在火灾全面发展阶段后期，随着室内可燃物的挥发物质不断减少以及可燃物数量的减少，火灾燃烧速度递减，温度逐渐下降。当室内平均温度降到温度最高值的 80% 时，则一般认为火灾进入熄灭阶段。随后，房间温度明显下降，直到把房间内的可燃物全部烧尽，室内外温度趋于一致，宣告火灾结束。

该阶段前期，燃烧仍十分猛烈，火灾温度仍很高。针对该阶段的特点，应注意防止建筑构件因较长时间受高温作用和灭火射水的冷却作用而出现裂缝、下沉、倾斜或倒塌破坏，确保消防人员的人身安全。

1.1.4 建筑火灾的蔓延

1. 火灾的蔓延方式

(1) 热传播的形式

火灾蔓延实质是热传播的结果。热传播的形式有多种，有时它们是单独出现的，有时是几种形式同时出现，而且在室内和室外不一样，在起火房间内与在起火房间外也不一样。热传播的形式见表 1-3。

热传播的形式

表 1-3

传播形式	具 体 内 容
火焰接触	起火点的火舌直接点燃周围的可燃物，并使之发生燃烧。这种热传播形式多在近距离内出现
延烧	固体可燃物表面或易燃、可燃液体表面上的一点起火，通过导热升温点燃，使燃烧沿物体表面连续不断地向周围发展下去的燃烧现象

续表

传播形式	具体内容
导热	间隔墙一侧起火或钢筋混凝土楼板下面起火或管道及其他金属容器内部产生高温，从大墙、楼板、管壁（或器壁）的一侧表面传到另一侧表面，引起靠墙或堆在楼板上的可燃物品升温点燃，并造成火灾蔓延
热辐射	起火点附近易燃、可燃物，在与火焰无法接触，又无中间导热物体作媒介的条件下起火燃烧，是热辐射造成的结果 不管温度高低和周围情况如何，物体经常以电磁辐射的形式发出能量。温度越高，辐射越强，而且辐射的波长分布情况也随温度而变。当温度较低时，主要是不可见的红外辐射；在 500℃ 以至更高时，则渐次发射较强的可见光以至紫外辐射。热辐射是促使火灾在室内及建筑间蔓延的一种重要形式
热对流	房间内的热烟与室外新鲜空气之间的密度不同，热烟的密度小，浮在密度大的冷空气上面，由窗口上部流出，室外的冷空气由窗口的下面进入室内的燃烧区。冷空气参加燃烧，受热膨胀，又上升至吊顶下面，然后再由窗口的上部流到室外，出现热对流的现象

(2) 热对流在建筑物内的蔓延途径

热对流在建筑物内的蔓延途径包括以下几方面。

- 1) 楼板的孔洞：楼板上的开口，如厂房内的设备吊装孔、电梯井、楼梯间、管道井等，都是火灾蔓延的良好通道。
- 2) 内墙门：建筑物内起火的房间，开始往往只是从房间的某一点起火，到最后火势将蔓延到整个建筑物，其原因大多都是因为内墙的门没有能够把火挡住。火通过内墙门，经过走廊，再通过相邻房间敞开的门进入房间，把室内的物品烧着。如果将起火房间的门和邻近房间的门都关闭，这样对控制火灾的蔓延还是会起到一定的作用。
- 3) 空心结构：热气流通过建筑物封闭的空心结构，把火由起火点带到连通的空间所达到的尽端，在不易觉察中蔓延开来。
- 4) 闷顶：吊顶上的人孔以及通风口都是高温烟气的必经之处，高温烟气一旦进入闷顶空间内，必然向四周扩散，并且形成稳定的燃烧。
- 5) 通风管道：通风管道四通八达，高温烟气一旦进入管道，特别是利用可燃、难燃材料制作的通风管道，更能把燃烧扩散到通风管道的任意一点，使局部火灾迅速转变成整个建筑物的火灾。

(3) 火焰通过外墙窗口向上层蔓延

起火房间的温度很高时，若烟气中含有过量未燃烧的气体，则高温烟气从外墙窗口排出后即会形成火焰，这将会引起火势向上层蔓延。

(4) 火灾在相邻建筑间的蔓延

火灾之所以能在建筑之间蔓延，主要是热对流、飞火和热辐射作用的结果。这三种途径有时是单一途径起作用，有时则是多种途径共同起作用。

一般情况下，起火建筑物从外墙门窗洞口喷射出去的热气流和火焰，能够直接点燃相邻建筑的情况不多见。起火建筑物的热气流和火焰从窗口喷出时，其火焰的水平距离往往小于窗口的自身高度，所以对相邻建筑的影响不是很大。

在起火建筑上空，强烈的热气流常把正在燃烧的材料或者带火的灰烬卷到天空形成飞

火。通常，飞火并不会造成很大的火灾危害。因为能被热气流卷到高空的物质，毕竟是很小的颗粒，它们本身携带的能量很小。但绝不能因此而忽视飞火的危害，因为飞火本身是点火源，在大风条件下的飞火尤甚。飞火可以影响到下风方向几十米、几百米，甚至上千米的距离。

火灾对相邻建筑危害最大的蔓延途径是热辐射。热辐射能把火灾传播给相当距离内的相邻建筑。在建筑物之间设置防火间距，主要是为防止热辐射对相邻建筑的威胁。

2. 气体可燃物中火灾的蔓延

可燃气体与空气混合后可形成预混合可燃混合气，一旦着火燃烧，就形成了气体可燃物中的火灾蔓延。

预混气的流动状态对燃烧过程有很大的影响。流动状态不同，就会产生不同的燃烧形态，处于层流状态的火焰因可燃混合气流速不高没有扰动，火焰表面光滑，燃烧状态平稳。火焰通过热传导和分子扩散把热量和活化中心（自由基）供给邻近的尚未燃烧的可燃混合气薄层，可使火焰传播下去。这种火焰称为层流火焰。

当可燃混合气流速较高或者流通截面较大、流量增大时，流体中将产生大大小小数量极多的流体涡团，做无规则的旋转和移动。在流动过程中，穿过流线前后和上下扰动。火焰表面皱褶变形，变粗变短，翻滚并发出声响。这种火焰称为湍流火焰。与层流火焰不同，湍流火焰面的热量和活性中心（自由基）不向未燃混合气输送，而是靠流体的涡团运动来激发和强化，受流体运动状态所支配。同层流燃烧相比，湍流燃烧要更为激烈，火焰传播速度要大得多。

预混气的燃烧有可能发生爆轰。发生爆轰时，其火焰传播速度非常快，一般超过声速，产生压力也非常高，对建筑和设备的破坏非常严重。

3. 液体可燃物中火灾的蔓延

液体可燃物的燃烧可分为喷雾燃烧和液面燃烧两种，火焰可在油雾中和液面上传播，造成火灾的蔓延。

（1）油雾中火灾的蔓延

当储油罐或者输油管道破裂时，大量燃油从破裂处喷出，形成油雾，一旦着火燃烧，火灾就会蔓延。在这种条件下形成的喷雾条件一般较差，雾化质量不高，产生的液滴直径较大。而且液滴所处的环境温度为室温，所以液滴蒸发速率较小，着火燃烧后形成油雾扩散火焰。

液滴群火焰传播特性与燃料性质（如分子量和挥发性）有关，分子量越小，挥发性越好，其火焰传播速度接近于气体火焰传播速度。影响液滴群火焰传播速度的另一个重要因素是液滴的平均粒径。例如，四氢化萘液雾的火焰传播，当液滴直径小于 $10\mu\text{m}$ 时，火焰呈蓝色连续表面，传播速度与液体蒸气和空气的预混气体的燃烧速率相类似；当液滴直径为 $10\sim 40\mu\text{m}$ 时，既有连续火焰面形成的蓝色，还夹杂着白色和黄色的发光亮点，火焰区呈团块状，表明存在着单个液滴燃烧形成的扩散火焰；当液滴直径大于 $40\mu\text{m}$ 时，火焰已不形成连续表面，而是从一颗液滴传到另一颗液滴。火焰能否传播以及火焰的传播速度都将受到液滴间距、液滴尺寸和液体性质的影响。当一颗液滴所放出的热量可以使邻近液滴着火燃烧时，火焰才能传播下去。

（2）液面火灾的蔓延

可燃液体表面在着火之前会形成可燃蒸气与空气的混合气体。当液体温度超过闪点时,液面上的蒸气浓度处于爆炸浓度范围之内,这时若有点火源,火焰就会在液面上传播。当液体的温度低于闪点时,由于液面上蒸气浓度小于爆炸浓度下限,所以用一般的点火源是不能点燃的,也就不存在火焰的传播。但是,若在一个大液面上,某一端有强点火源使低于闪点的液体着火,由于火焰向周围液面传递热量,使周围液面的温度有所升高,蒸发速率有所加快,这样火焰就能继续传播蔓延。并且液体温度比较低,这时的火焰传播速度比较慢。当液体温度低于闪点时,火焰蔓延速度较慢;当液体温度大于闪点后,火焰蔓延速度急剧加快。

(3) 含可燃液体的固面火灾蔓延

当可燃液体泄漏到地面(如土壤、沙滩)上,地面就成了含有可燃物的固体表面,一旦着火燃烧就形成了含可燃液体的固面火灾。

1) 可燃液体闪点对火灾蔓延的影响。含可燃液体的固面火灾的蔓延与可燃液体的闪点有关。当液体初温较高,尤其大于闪点时,含可燃液体的固面火灾的蔓延速度较快。随着风速增大,含可燃液体的固面火灾的蔓延速度减小。当风速增加到某一值之后,蔓延速度急剧下降,甚至灭火。

2) 地面沙粒的直径对火灾蔓延的影响。地面沙粒的直径也会影响含可燃液体的固面火灾的蔓延。并且随着粒径的增大,火灾蔓延速度不断减小。

4. 固体可燃物中火灾的蔓延

固体可燃物的燃烧过程比气体、液体可燃物的燃烧过程要复杂得多,影响因素也很多。

(1) 影响因素

固体可燃物一旦着火燃烧后,就会沿着可燃物表面蔓延。蔓延速度与材料特性和环境因素有关,其大小决定了火势发展的快慢。

1) 固体的熔点、热分解温度越低,其燃烧速率越快,火灾蔓延速度也越快。

2) 外界环境中的氧浓度增大,火焰传播速度加快。

3) 风速增加也有利于火焰的传播,但风速过大会吹灭火焰。空气压力增加,提高了化学反应速率,加快了火焰传播。

相同的材料,在相同的外界条件下,火焰沿材料的水平方向、倾斜方向和垂直方向的传播蔓延速度也不相同。在无风的条件下,火焰形状基本对称,由于火焰的上升而夹带的空气流在火焰四周也是对称的,火焰将会逆着空气流的方向向四周蔓延。火焰向材料表面未燃烧区域的传热方式主要是热辐射,但在火焰根部对流换热占主导地位。

在有风的条件下,火焰顺着风向倾斜。火焰和材料表面间的热辐射不再对称。在上风侧,火焰逆风方向传播。然而,辐射角系数较小,辐射热可忽略不计,气相热传导是主要的传热方式,因此火焰传播速度非常慢,甚至不能传播。而在下风侧,火焰和材料表面间的传热主要为热辐射和对流换热,辐射角系数较大,因此火焰传播速度较快。

(2) 薄片状固体可燃物火灾的蔓延

纸张、窗帘、幕布等薄片状固体一旦着火燃烧,其火灾的蔓延规律与一般固体相比有显著的特点。这是因为这种固体可燃物厚度小、面积大、热容量小,受热后升温快。并且这种火的蔓延速度较快,对整个火灾过程的发展影响大,应当作为早期灭火的主要对象。