

建筑环境与设备工程系列教材

建筑消防设备工程

李天荣 主编
李天荣 龙莉莉 陈金华 编著

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书详细介绍了建筑火灾的发生、发展、蔓延,烟气流及其危害,灭火剂及其应用;详细阐述了建筑消防设备工程各系统的分类、组成、工作原理、设计布置、计算方法等。

本书为高等院校建筑环境与设备工程(包括建筑设备、燃气、暖通工程)、给水排水工程、建筑电气等专业教学用书。也可供从事建筑消防技术研究、消防工程设计与施工、消防行业管理等方面人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑消防设备工程/李天荣主编. —重庆:重庆大学出版社,2002.11

建筑环境与设备工程系列教材

ISBN 7-5624-2585-X

. 建... . 李... . 建筑—消防设备—教材 . TU892

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 063969 号

建筑环境与设备工程系列教程

建筑消防设备工程

李天荣 主编

责任编辑:袁 江 夏 晶 林青山 版式设计:袁 江

责任校对:何建云 责任印制:张永洋

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆邮政印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:21 字数:524千

2002年11月第1版 2002年第11月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN7-5624-2585-x /TU 107 定价:27.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前 言

随着城市建设的迅速发展,各种功能的大型建筑、地下建筑、高层和超高层建筑不断涌现,火灾隐患逐渐增多,恶性火灾事故时有发生。有效监测建筑火灾、控制火灾、快速扑灭火灾,是建筑消防设备工程的主要任务。本书将有关专业的建筑室内、外消火栓给水系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统、防排烟系统、火灾自动报警与消防设施联动控制系统及工程设计等有机地组合为一体,成为跨学科、跨专业的教学用书。编写本书,是拓宽专业面的需要,也是为适应不断发展的城市建设培养现代建筑消防工程技术人才的需要。

本书详细介绍了建筑火灾的发生、发展、蔓延规律和现代灭火技术,烟气流动规律和防排烟技术,火灾自动探测、自动报警和各消防系统的联动控制技术;全面系统地讲述了各消防设备系统的类型、组成、工作原理、适用条件、设计计算。本书在内容上充分吸收了近年来建筑消防中的新技术、新设备和先进经验,有鲜明的时代特色。

本书亦可作为给水排水工程专业和建筑电气专业教学用书。

本书共 12 章,其中第 1 章由李天荣和陈金华共同编写;第 2、3、4、5 章由李天荣编写;第 6、7、8 章由陈金华编写;第 9、10、11、12 章由龙莉莉编写。全书由李天荣主编;刘荣光、肖铁岩主审。

由于编者水平有限,书中缺点、错误难免,敬请读者批评指正。

编者

2002 年 7 月

第 1 章 概 论

火在人们的生产、生活活动中是不可缺少的,人类的进步、社会的发展离不开火。但是,火如果失去了控制,就会危害人类,造成生命和财产损失,成为火灾。所谓火灾,就是在时间和空间上失去控制的燃烧所造成的灾害。

有效监测建筑火灾、控制火灾、快速扑灭火灾,防止和减少火灾危害,保障国民经济建设,保障人民生命财产安全,是建筑消防设备工程的任务。建筑消防设备工程包括建筑灭火系统、防排烟系统、火灾自动报警和消防设施联动控制系统。

1 .1 建筑火灾

1 .1 .1 火灾发生的原因和燃烧条件

1)火灾发生的原因

(1) 生活用火不慎引起火灾

生活中因用火不慎引起的火灾次数比较多。例如:炉灶、煤油炉、燃气用具、火炕、灯火等发生故障或使用不当引起火灾;小孩玩火、燃放花炮、爆竹引起火灾;乱扔烟头、火柴梗,使火混进废纸堆或引燃卧具、沙发引起火灾等。这些主要都是因缺乏防火常识,思想麻痹而造成火灾。

(2)生产活动中违规操作引发火灾

生产活动中违规操作引发火灾的情况有:不顾周围环境随意动火焊接、烘烤物品过热、熬油溢锅等;在化工生产中出现超温超压、冷却中断、操作失误而又处理不当;生产设备失修,出现可燃气体或易燃液体跑、冒、滴、漏现象,遇明火便燃烧或爆炸等。

(3)电气火灾原因

电气火灾一般是由于电气线路、电气设备的短路、过载、接触不良、漏电、雷电、静电等原因而产生的高温、电弧、电火花引燃绝缘材料或附近可燃物形成火灾。还有由于电气设备的故障、发热等其他原因造成火灾。这些现象与违规操作或设计、安装不合理,维护不当和使用环境条件等有直接关系。如果电气设备运行状态不良、环境条件劣化、工作人员违规管理或违规操作,必然会发生电气火灾。

(4)可燃、易燃物自燃

易燃物受热;植物、涂油物、煤、生活垃圾堆垛过大过久而受热;化学危险品遇水、遇空气、相互接触、撞击、摩擦等都会产生自燃。

(5)自然灾害、人为灾害

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。突然的地震、风灾、战争空袭等,都会因为人们急于疏散、逃避而来不及断电、熄火或来不及处理好易燃、易爆及其他化学危险品而引起火灾。

犯罪分子、精神病人人为放火也可能引起火灾。

2) 燃烧条件

燃烧过程的发生和发展,必须具备 3 个条件:可燃物、氧化剂(助燃物)和火源(提供一定的温度、一定的能量的源头)。

以上 3 个条件是无焰燃烧的基本条件,而有焰燃烧还必须具备第 4 个条件,那就是未受抑制的链式反应。

(1) 可燃物

凡是能在空气、氧气或其他氧化剂中发生燃烧反应的物质都称可燃物。火灾中的可燃物多种多样,其燃烧难易程度、燃烧快慢也各不相同。

从化学组成上,可分为有机可燃物与无机可燃物;从物质形态上,可分为气体可燃物、液体可燃物和固体可燃物。可燃气体在助燃物存在条件下,遇火源即可燃烧,其过程比较简单;液体可燃物燃烧是液体蒸气燃烧,液体燃烧首先须吸收热量进行蒸发;固体可燃物燃烧则更复杂些,有的要吸热、熔化和蒸发,有的要进行热分解。

(2) 氧化剂(助燃物)

与可燃物相结合能导致燃烧的物质称氧化剂。发生火灾时,主要氧化剂是空气中的氧气。发生化工火灾时,其氧化剂有高锰酸钾、过氧化钠、过氧化氢、氯酸钾等。

(3) 火源

火源是可燃物与助燃物产生燃烧反应的能量来源。

火源可以是明火,也可以是高温物体,其能量可以由化学能、电能、机械能转换而来。

炉火、烟头、火柴、蜡烛等明火是住宅、旅馆、饭店常见的火灾火源。

电器开关、电线短路、静电等产生的电火花是工矿企业、商场火灾的常见火源。

雷击常常引起森林和古建筑火灾。

机械撞击、摩擦产生的火花往往引起化学危险品着火。

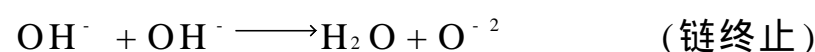
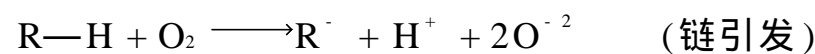
火源将热量传递到可燃物与助燃物上,使其温度升高,同时激发自由基的产生,引起连锁反应而导致着火。

能引起一定质量体积分数可燃物燃烧所需的最小能量称最小引燃能。若火源的能量小于最小引燃能,就不能点燃着火,故最小引燃能是衡量可燃物危险性的一个重要参数。一般来讲,可燃气的最小引燃能小于可燃液体,而可燃液体的最小引燃能又小于可燃固体。对于同种物质,这种规律就更明显。这是因为液体变成蒸气,燃烧之前需吸收一定的蒸发热,固体物质需要经过熔融裂解等过程,也都需要能量。

可燃物、氧化剂、火源三者缺一,则不会燃烧。只有三者同时存在,而且可燃物、氧化剂要有一定的数量或质量/体积分数,火源要具有一定的能量,温度要达到或高于可燃物的燃点,燃烧才会发生,才可能形成火灾。

(4) 未受抑制的链式反应

足够数量的可燃物置于有一定氧质量体积分数的环境中,遇火源(一定的温度)会发生燃烧。可燃物燃烧过程中,分子被活化,产生 H^+ 、 OH^- 、 O^{-2} 等游离基的链式反应。以烃类物质($R-H$)燃烧为例,其链式反应过程如下:



当两个 OH^- 结合生成 H_2O 时, 释放大热量, 使火源能量更加充足。 H^+ 、 OH^- 、 O^{2-} 等游离基浓度愈高燃烧愈猛烈。 如果这种链式反应不被抑制, 燃烧将继续进行, 直至可燃物燃尽为止。

1.1.2 火灾的发展过程

根据国内外若干火灾实例分析, 按其特点可将火灾的发展过程分为 3 个阶段: 第 1 阶段是火灾初起阶段, 这时的燃烧是局部的, 火势不稳定, 室内的平均温度不高, 是控火、灭火的最好时机; 第 2 阶段是火灾的发展阶段, 此时火势猛烈, 室内温度很高, 控火原则是利用防火分隔限制燃烧范围, 阻止火灾向外蔓延; 第 3 阶段是火灾熄灭阶段, 这时室内可燃物基本燃尽, 但仍需防止火灾蔓延, 注意建筑结构的倒塌, 保障灭火人员安全。

1) 火灾初起阶段

(1) 火灾初起阶段的特点

起火点处局部的温度较高, 室内各点的温度极不平衡。

由于可燃物燃烧性能、分布及通风、散热等条件的影响, 燃烧的发展大多比较缓慢, 有可能形成火灾, 也有可能中途自行熄灭, 燃烧的发展是不稳定的。

火灾初起阶段燃烧的面积不大。

火灾初起阶段持续时间的长短不定。

(2) 火灾初起阶段持续的时间

火灾初起阶段的温度, 大多数是比较低的, 所以很少有人注意研究初起阶段火灾的温度, 但初起阶段火灾温度持续的时间, 对疏散人员、抢救物资、保障灭火人员的人身安全, 具有重要的意义。

可燃物从受热到起火燃烧需要的时间, 是受火源的类型、可燃物的燃烧性能、建筑结构采用的材料等条件影响的。

火源种类不同的影响 所谓火源, 就是点火的能源, 通常是正在燃烧或尚未起火, 但本身具有较多热量的物体。 这类物体本身的温度、点火能量和传热的形式(如热辐射、热传导、明火加热)等条件, 对起火成灾发展的时间都有很大影响。 如烟蒂点燃被褥和烛火点燃上被褥的时间显然不同, 前者要长, 后者要短。

起火点周围燃烧条件的影响 建筑材料的燃烧性能, 在火灾初起阶段的作用比较明显, 因为起火点周围可燃材料烧完以后, 不燃材料的墙和楼板, 是不会把火蔓延开的。 在燃烧面积小、温度低、燃烧不稳定的条件下, 因为周围仅有的可燃物被烧尽, 燃烧便会自行中断。 然而, 如果燃烧发生在木板墙脚下或纤维板吊顶下面, 则燃烧会因为点燃了上述的可燃结构而扩大蔓延, 发展成灾。

大面积可燃材料的墙和吊顶, 因为它有较大的燃烧面积, 能使火焰沿其表面迅速蔓延, 放出大量的热, 助长火势发展, 是缩短火灾初起阶段持续时间的重要条件。

通风条件的影响 当火源微小时, 为了形成稳定的燃烧, 由起火点发展到全面点燃, 需要积蓄大量的热能, 良好的通风散热会延缓火灾的发展, 减少通风量, 则会有利于加速燃烧, 缩短火灾初起阶段持续的时间。

当火源很大时, 如果门窗大开, 通风良好, 满足燃烧所需的最小空气量, 燃烧就会猛烈发展, 使火灾初起阶段持续时间缩短。 反之, 门窗紧闭, 空气供应不足, 燃烧就会缓慢, 甚至自行熄灭。

(3) 火灾初起阶段燃烧的过程

火灾初起时,燃烧释放的热量,通过热传递,提高了房间内各种物体的温度,使可燃物受热分解出可燃气体,进入无焰燃烧阶段。可燃物在短时间内分解出的可燃气体,与空气混合形成爆炸性气体混合物。

由起火点发展到全面燃烧,可能有两种形式:一种是明火点燃,一种是由气体混合物爆燃点火。

明火点燃,是由于热分解的可燃气体流向起火点,遇明火点燃,或者是起火点的热烟夹带火星,飞到周围可燃物上,把已进入无焰燃烧阶段的可燃物点燃。

火灾初起,在氧气不足条件下,燃烧呈阴燃状态,室内的可燃物均处于无焰燃烧阶段,房间内积聚了温度较高、浓度较大、数量较多的可燃气体与空气混合的气体混合物,此时一旦开门或窗玻璃破碎,由室外向起火房间输入大量新鲜空气,室内的气体混合物便迅速自燃,在整个起火房间内剧烈燃烧,从而点燃室内存在的一切可燃物,使火灾从初起迅速转变为火灾发展的第二阶段。

2) 火灾发展阶段

火灾发展阶段的特点是:

火灾发展阶段,室内的可燃物都在猛烈燃烧,这段时间的长短与起火的原因无关,而主要取决于可燃物的燃烧性能、可燃物数量和通风条件。

火灾温度几乎呈直线上升并达到最高点。

燃烧稳定,燃烧速度几乎不变。火灾发展阶段可燃物的烧毁质量约占整个火灾烧毁总量的80%以上。

3) 火灾熄灭阶段

火灾熄灭阶段,即火灾发展的后期。其特点是:

室内可燃物减少,温度开始下降。

温度下降的速度与火灾持续时间的一般关系是:火灾持续时间长的,其下降速度比持续时间短的要慢。持续时间在1h以下的,火灾温度下降速度大约是 $12\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$;持续时间大于1h的,其下降速度大约为 $8\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

火灾熄灭阶段开始时的温度仍为火灾的最高温度,火势最猛,热辐射最强,对周围建筑物仍有很大的威胁。

上述3个火灾发展阶段,是根据火灾温度曲线的拐点,即室内火灾温度变化的转折点的客观规律划分的,火灾发展三阶段的出现,取决于室内燃烧的面积、火灾的温度和燃烧速度的综合作用,而并不是由某一参数所决定的。

1.1.3 火灾蔓延方式和途径

1) 火灾蔓延方式

火灾蔓延是通过热的传播。热传播的方式有多种,有时几种方式同时出现,有时只是一种方式。

火焰接触 即起火点的火舌直接点燃周围的可燃物,引发燃烧。

直接延烧 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,使燃烧沿物体表面连续不断地向周围发展。

热的传导 即物体的一端受热,通过物体热分子的运动,将热传到另一端。

热的辐射 即热由热源以电磁波的形式直接发射到周围物体上。辐射的波长分布随温度变化而不同,着火点温度由低到高,热辐射则由不可见的红外辐射,逐渐变为可见光辐射以至紫外辐射。着火点将以热辐射的方式引燃附近的可燃物。

热的对流 是炽热的烟气与冷空气之间相互对流的现象。火灾时室内的热烟与室外的新鲜冷空气密度差别较大,热烟的密度小,浮在冷空气的上面,由窗口上部流出,室外冷空气由窗口下部进入室内。冷空气在燃烧区内受热膨胀,再次上升由窗口上部流出,形成热对流。着火房间的热烟由窗口上部排出,窜至楼上房间,或由门洞上部流向走道,窜到其他房间,使火灾蔓延。

2) 火灾蔓延途径

研究火灾蔓延途径,是在建筑物中科学合理地采取防火隔断措施的需要,也是灭火中采取“堵截包围、穿插分割”,最后扑灭火灾的需要。综合火灾实例,将火灾蔓延的途径简要介绍如下:

外墙窗口 着火房间的火通过外墙窗口向外蔓延,一方面是火焰的热辐射穿过窗口烤灼对面建筑物;另一方面是高温烟气由窗口排出,窜至楼上窗口,进入楼上房间,引燃楼上可燃物;再一方面是靠火舌直接烧向上层或屋檐。这样逐层向上蔓延,会使整个建筑物起火。

内墙门 建筑物内起火的房间,开始时往往只有一个,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。火通过内墙门,经走廊,再通过相邻房间敞开的门进入房间,把室内的物品烧着。如果起火房间的门和邻近房间的门都是关闭的,那么对控制火灾的蔓延还是会起到一定作用的。

楼板的孔洞 着火楼层的火焰的热辐射、高温烟气等易向上发展蔓延,楼板上的孔洞、楼梯间、电梯井、管道井等,都是火灾向上蔓延的良好途径。

空心结构 热气流通过建筑物封闭的空心处(如板条抹灰墙木筋间的空间、木楼板格栅间的空间等),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,及至被人发现,已经是难于扑救了。

闷顶 因为高温烟气有向上升腾的特性,所以吊顶上的入孔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,并形成稳定的燃烧。对于这种蔓延,也很难及时发现。

通风管道 通风管道四通八达,高温烟气一旦进入管道,尤其是用可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。

1.1.4 火灾烟气及其危害

国外多次建筑火灾的统计表明,死亡人数中约有 50% ~ 70% 是被烟气毒死的。近一二十年来,由于各种塑料制品大量用于建筑物内,以及空调设备的广泛采用和无窗房间增多等原因,烟气毒死的比例有显著增加。英国对此作了比较:1956 年火灾死亡总人数中只有 20% 死于烟气中毒,1966 年上升到 40% 左右,1976 年则高达 50% 以上。

在某些住宅或旅馆的火灾中,因烟气致死的比例甚至高达 60% ~ 70%。例如美国拉斯维加斯市的一个高层饭店发生火灾,有 85 人死亡,584 人受伤,建筑中大量塑料制品产生的毒烟则是造成伤亡的主要原因。更有甚者,日本“千日”百货大楼火灾死亡人数中,约有 80% 是被烟气毒死的。上述数据说明,火灾中的烟气是人类凶恶的杀手。

烟气的危害性主要体现在以下 3 个方面:

1) 对人体的危害

在火灾中,人员除了直接被烧或者跳楼死亡之外,其他的死亡原因大都和烟气有关,其对人体的危害主要有:

(1)对生理的危害

一氧化碳中毒 一氧化碳被人吸入后,和血液中的血红蛋白结合成为一氧化碳血红蛋白,从而阻碍血液把氧输送到人体各部分去。当一氧化碳和血液 50% 以上的血红蛋白结合时,便能造成脑和中枢神经严重缺氧,继而失去知觉,甚至死亡。即使一氧化碳的吸入在致死量以下,也会因缺氧而发生头痛、无力及呕吐等症状,最终仍可导致不能及时逃离火场而死亡。

医学分析证明,一氧化碳是烟气中对人体最具威胁的成分,其在空气中的浓度对人体的影响程度见表 1.1。

表 1.1 一氧化碳对人体的影响程度

空气中一氧化碳体积分数/ %	对人体的影响程度
0.01	数小时内对人体影响不大
0.05	1.0 h 内对人体影响不大
0.1	1.0 h 后头痛,不舒服,呕吐
0.5	引起剧烈头晕,经 20~30 min 有死亡危险
1.0	呼吸数次失去知觉,经 1~2 min 即可能死亡

二氧化碳 正常情况下,空气中的二氧化碳体积分数为 0.03%,而在燃烧旺盛阶段,火场中心二氧化碳体积分数可达 15%~23%。当二氧化碳体积分数为 10% 时,就会引起头晕,以致昏迷、呼吸困难甚至失去知觉。二氧化碳体积分数达 20% 时,控制生命的神经中枢完全麻痹而死亡。

烟气中毒 木材制品燃烧产生的醛类,聚氯乙烯燃烧产生的氢氯化物都是刺激性很强的气体,甚至是致命的。例如烟中含有质量分数为 5.5×10^{-6} 的丙烯醛时,便会对上呼吸道产生刺激症状;如在 10×10^{-5} 以上时,就能引起肺部的变化,数分钟内即可死亡。火灾疏散时丙烯醛的允许质量分数为 1.0×10^{-6} ,而木材燃烧的烟中丙烯醛的质量分数已达 5.0×10^{-5} 左右,加之烟气中还有甲醛、乙醛、氢氧化物、氯化氢等毒气,对人都是极为有害的。随着新建筑材料及塑料的广泛使用,烟气的毒性会越来越大,火灾疏散时的有毒气体允许体积分数见表 1.2。

表 1.2 疏散时有毒气体允许体积分数

毒气种类	允许体积分数/ %
一氧化碳 CO	0.2
二氧化碳 CO ₂	3.0
氯化氢 HCl	0.1
光气 COCl ₂	0.0025
氨 NH ₃	0.3
氢化氰 HCN	0.02

缺氧 在着火区域的空气中充满了一氧化碳、二氧化碳及其他有毒气体,加之燃烧需要大量的氧气,这就造成空气的含氧量大大降低。发生爆炸时甚至可以降到 5% 以下,此时人体会受到强烈的影响而死亡,其危险性也不亚于一氧化碳。空气中缺氧时对人体的影响情况见表 1.3。高层建筑中大多数房间的气密性较好,有时少量可燃物的燃烧也会造成含氧量的迅速降低,这一

点必须引起注意。

表 1 3 缺氧对人体的影响程度

空气中氧的体积分数/ %	症状
21	空气中含氧的正常值
20	无影响
16 ~ 12	呼吸、脉搏增加,肌肉有规律的运动受到影响
12 ~ 10	感觉错乱,呼吸紊乱,肌肉不舒畅,很快即疲劳
10 ~ 6	呕吐,神智不清
6	呼吸停止,数分钟后死亡

窒息 火灾时人员可能因头部烧伤或吸入高温烟气而使呼吸系统烫伤,导致口腔及喉头肿胀,器官受损,呼吸困难,以致引起呼吸道阻塞窒息。如不能得到及时抢救,就有被烧死或被烟气毒死的可能性。

在烟气对人体的危害中,以一氧化碳的增加和氧气的减少影响最大。但实际上,起火后各种因素往往是相互混合地共同作用于人体的,一般说来,比某一因素的单独作用更具危险性。

(2)对视觉的危害

在着火区域的房间及疏散通道内,充满了大量的烟气,烟气中的某些成分会对眼睛产生强烈的刺激,使辨别疏散通道的视觉能力下降。

(3)对心理的危害

浓烟会造成极为紧张的恐怖心理状态,使人们失去正常的行动能力和判断能力,导致无法疏散或采取异常行动。

2)对疏散的危害

在着火区域的房间及疏散通道内,充满了含有大量一氧化碳及各种有害物质的热烟,甚至远离火区的一些地方也可能烟雾弥漫。这给人员的疏散带来了极大的困难。

除此之外,由于烟气集中在疏散通道的上部空间,通常使人们掩面弯腰地摸索行走,速度既慢又不易找到安全出口,甚至还可能走回头路。火场的经验表明,人们在烟中停留一两分钟就可能昏倒,四五分钟即有死亡的危险。

由上述可见,烟气对安全疏散具有非常不利的影响,这也说明对疏散通道进行防排烟设计具有极为重要的意义。

3)对扑救的危害

消防队员在进行灭火与救援时,同样要受到烟气的威胁。烟不仅有引起消防员中毒、窒息的可能性,还会严重妨碍他们的行动:弥漫的烟雾影响视线,使消防队员很难找到起火点,也不易辨别火势发展的方向,灭火行动难以有效地开展。同时,烟气中某些燃烧产物还有造成新的火源和促使火势发展的危险;不完全燃烧产物可能继续燃烧,有的还能与空气形成爆炸性混合物;高温的烟气会因气体的热对流和热辐射而引燃其他可燃物。上述情况将会导致火场的扩大,加大了扑救工作的难度。

1.1.5 建筑火灾分类

根据国家标准 GB 4968—85,火灾分类按 A, B, C, D 四类划分。

1) A 类火灾

指固体物质火灾。

(1) 固体可燃物

固体物质是火灾中最常见的燃烧对象。可燃的固体物质通常有:木材及木制品、纤维板、胶合板、纸张、纸板、家具;棉花、棉布、服装、被褥、粮食、谷类、豆类;合成橡胶、合成纤维、合成塑料、电工产品、化工原料、建筑材料、装饰材料等。种类极其繁杂。

(2) 固体物质燃烧过程

热分解燃烧 例如:木材、高分子化合物,这类物质在火灾中被加热,发生热分解,释放出可燃的挥发分,挥发分在空气中燃烧生成其他物质。

固体表面燃烧 例如:木炭、焦炭,这类物质在燃烧时,空气中的氧扩散到固体的表面或内部孔隙中,使表面的炭直接进行燃烧,生成其他物质。

升华式燃烧 如萘:这类物质在火灾中直接被加热成蒸气,蒸气在空气中燃烧生成其他物质。

大多数固体物质是热分解式燃烧。

(3) 评定固体物质火灾危险性的主要理化参数

评定参数有熔点、自燃点、比表面积、氧化特性、密度、导热性、热惯等。

2) B 类火灾

指液体火灾和熔化的固体火灾。

(1) 液体可燃物和可熔化的固体可燃物

液体可燃物主要有:汽油、煤油、柴油、重油、原油、动植物油等油脂;酒精、苯、乙醚、丙酮等有机溶剂。

可熔化的固体可燃物如沥青、石蜡等。

(2) 液体和熔化固体的燃烧过程

液体燃烧实际上是液体蒸气的燃烧。液体在火灾中受热首先变成蒸气,蒸气与空气燃烧变成产物。轻质液体的蒸发纯属相变过程,重质液体蒸发时还伴随着热分解过程。原油罐火灾的喷溅和轻质可燃液体的蒸气云爆炸,是 B 类火灾中的两种特殊燃烧现象,破坏极其严重。

熔化固体是熔融蒸发式燃烧。可熔固体物质在火灾中首先被加热熔化为液态,继续加热则变成蒸气,该蒸气与空气进行燃烧生成产物。

(3) 评定可燃液体火灾危险性的理化参数

评定参数是闪点。闪点是表示可燃性液体性质指标之一,液体表面上的蒸气和周围空气的混合物与火接触,初次出现蓝色火焰闪光时的温度,称为闪点。闪点小于 28 的可燃液体属甲类火险物质,例如:汽油。闪点大于及等于 28 ,小于 60 的可燃液体属乙类火险物质,例如:煤油。闪点大于及等于 60 的可燃液体属丙类火险物质,例如:柴油、植物油。50°~60° 的白酒,虽然其闪点小于 28 ,但考虑到白酒中含有水分以及某些实际问题,而归于丙类火险物质。

(4) 可燃液体火灾危险性分类

根据液体的闪点,将液体火灾危险性分为甲、乙、丙 3 类。

甲类液体 液体的闪点温度 < 28 ,如汽油、苯、甲醇、丙酮、乙醚、石蜡油等。

乙类液体 液体的闪点温度为 28 ~ 60 ,如煤油、松节油、丁醚、溶剂油、樟脑油、蚁酸等。

丙类液体 液体的闪点温度 > 60 ,如柴油、润滑油、机油、菜籽油等。

(5) 沸溢性油品

液体在燃烧过程中,由于向液层内不断传热,会使含有水分、粘度大、沸点在 100 以上的重油、原油产生沸溢和喷溅现象,造成大面积火灾,这种现象称为突沸,往往会造成很大的危害,这类油总称为沸溢性油品。

3) C 类火灾

指可燃气体引起的火灾。

(1) 可燃气体燃烧分类

按可燃气体与空气混合时间,可燃气体燃烧分为预混燃烧和扩散燃烧。可燃气体与空气预先混合好后的燃烧称预混燃烧;可燃气体与空气边混合边燃烧称扩散燃烧。预混燃烧由于混合均匀,燃烧充分,不产生碳粒子,燃烧速度快。失去控制的预混燃烧会产生爆炸,这是 C 类火灾最危险的燃烧方式。扩散燃烧由于是边混合边燃烧,混合不均匀,燃烧不充分,会产生碳粒子,火焰呈黄色,燃烧速度受混合快慢及混合比控制。

(2) 可燃气体的爆炸极限

可燃气体与空气组成的混合气体遇火源能发生爆炸的可燃气体最低浓度(用体积百分数表示)称爆炸下限;可燃气体与空气混合遇火源能发生爆炸的可燃气体最高浓度(用体积百分数表示)称爆炸上限。爆炸下限和爆炸上限合称爆炸极限。可燃气体的火灾危险性用爆炸下限进行评定。爆炸下限小于 10% 的可燃气体为甲类火险物质,例如:氢气、乙炔、甲烷等;爆炸下限大于或等于 10% 的可燃气体为乙类火险物质,例如,一氧化碳、氨气、某些城市煤气。应该指出,绝大多数可燃气体都属于甲类火险物质,极少数才属于乙类火险物质。可燃气体的爆炸极限见表 1.4。

表 1.4 各种气体及蒸气在常压空气中的爆炸极限

化学物质	爆炸极限(体积分数) %		化学物质	爆炸极限(体积分数) %	
	下限	上限		下限	上限
氨	15	28	己二酸	1.6	—
硫	2.0 ²⁷	—	异戊亚硝酸	1.0	—
一氧化碳	12.5	74	亚硝基乙烯	3.0	50
亚氰基	6.6	—	乙酰基丙酮	1.7	—
氰氢酸	5.6	40	异丁烯	1.8	9.6
乙硼	0.8	88	异丙醇	2.2	—
氘	4.9	75	异丙醚	1.4	7.9
氢	4.0	75	丙基苯	0.6	—
十烷硼	0.2	—	异戊烷	1.4	—
联氨	4.7	100	异硼	0.84	—
戊硼	0.42	—	乙烷	3.0	12.4
乙炔	2.5	100	乙醇	3.3	19 ¹
乙酰替苯胺	1.0	—	乙胺	3.5	—
			乙二醚	1.9	36

续表

化学物质	爆炸极限(体积分数) %		化学物质	爆炸极限(体积分数) %	
	下限	上限		下限	上限
丙胺	2.2	22	乙烯	2.7	36
乙醛	4.0	60	环乙烷	1.2	7.7
乙酰基苯胺缩乙醛	1.6	10	环己乙烷	2.0 ¹⁴	6.6 ¹⁴
丙酮	2.6	13	环己戊烷	1.1	6.7
2-甲基-2-羟基丙腈	2.2	12	乙、丙醚	1.7	9
苯胺	1.2	8.3	乙苯	1.0	6.7
O-氨基苯	0.66	4.1	甲乙醚	2.2	—
戊醇	1.4	—	甲乙酮	1.9	1.0
戊醚	0.7	—	乙基硫醇	2.8	18
丙醇	2.5	18	乙胺	3.6	46
硫化氢	4.0	44	氧化乙烯	3.6	100
有机物			甘醇	3.5	—
丙烯腈	3.0	—	2-羟基丁醛	2.0	
丙烯醇	2.8	31	丙二烯	2.16	
安息香酸	0.7		醋酸环己烷	1.0	—
葱	0.65		醋酸丁烷	1.4	8.0
异戊醇	1.4	9.0	醋酸丙烷	1.8	8
异丁烷	1.8	8.4	醋酸甲烷	3.2	16
异丁醇	1.7	11	醋酸甲酯	1.7	—
异丁基苯	0.82	6.0	二异丁基酮	0.82	6.1 ¹⁴
氯乙酰	5.0		N、N-二乙基苯胺	0.8	—
氯化胺	1.6	8.6	二乙胺	1.8	10
氯丙烯	2.9	—	二乙基酮	1.6	
氯乙烷	3.8	—	二乙基环己烷	0.75	
氯乙烯	3.6	33	P-二乙基苯	0.8	
氯丁烷	1.8	10	乙基戊烷	0.7	
氯丙烷	2.4	—	飞机汽油(JP-4)	1.3	8
氯化苯甲基	1.2	—	(JP-6)		
氯甲烷	7	—	苯乙烯	1.1 ⁶	—
二氯甲烷	—	—	硬酯酸丁酯	0.3	—
辛烷	0.95	—	燃料柴油	—	—
汽油 100/130	1.3	7.1	萘烷	0.74	4.9
115/145	1.2	7.1	环丙烷	2.4	10.4
蚁酸异丁烷	2.0	8.9	环己醇	1.2	—
蚁酸乙烷	2.8	16	环己烷	1.3	7.8
蚁酸丁烷	1.7	8.2	环己烯	1.2	—
蚁酸甲烷	5.0	23	环丁烷	1.1	6.7
a-基二甲苯	1.1	6.4	1,2-异环丙烷	3.1	—
m-基二甲苯	1.1	6.4	异苯胺	0.7	
p-基二甲苯	1.1	6.6	二苯甲烷	0.7	
喹啉	1.0	—	二戊烯	0.75	6.1
1,3-二恶烷	2.0	22	二甲胺	2.8	
乙二醇丁基醚	1.1	11	二甲基二氯硅烷	3.4	
乙二醇甲基醚	2.5 ⁷	20	二甲基萘烷	0.69	5.3
异丙苯	0.88	6.5	二甲基胍	2.0	95
丙三醇	—	—	2,2-二甲基丁烷	1.2	7.0
甲酚	1.1	—	2,3-二甲基丁烷	1.2	7.0
巴豆醛	2.1	16	2,6-二甲基-4-丁酮	0.79	6.2
氯苯	1.4	—	2,3-二甲基环戊烷	1.1	6.8

化学物质	爆炸极限(体积分数) %		化学物质	爆炸极限(体积分数) %	
	下限	上限		下限	上限
醋酸	5.4	—	二甲基甲酰胺	1.8	1.4
醋酸戊烷	1.0	7.1	p-甲基异丙苯	0.85	6.5
醋酸异戊烷	1.0	7.0	溴丙烯	2.7	—
醋酸异丙烷	1.7	—	溴丁烯	2.5	—
醋酸乙烷	2.2	11	溴甲烷	10	15
硝基戊烷	1.1	—	蒎烷	0.74 ²³	7.2 ²³
硝基乙烷	4.0	—	乙醚	1.7	27
硝基丙烷	1.8 ¹⁷	100 ¹⁷	醋酸乙烯	2.6	—
乳酸乙烷	1.5	—	吡啶	0.7	—
乳酸甲烷	2.2	—	苯醚	0.8	—
二硫化碳	1.3	50	1,3-丁二烯	2.0	12
季戊烷	1.4	7.5	1-丁醇	1.7	12
壬烷	0.85 ²	—	d ₁ -2-丁醇	1.7	9.8
正十烷	0.75 ²	5.6 ¹⁸	丁烷	1.8	8.4
十四烷	0.5	—	1,3-丁二醇	1.9	—
四氢呋喃	2.0	—	1,4-丁二醇	—	—
2,2,2,3-四甲基戊烷	0.8	—	tert-丁胺	1.7	8.9
萘满	0.84	5.0	sert-丁醇	1.9	9.0
P-萘苯	0.96	—	丁基苯	0.82	5.8
松节油	0.7	—	sec-丁基苯	0.77	5.8
灯油	—	—	tert-丁基苯	0.77	5.8
正十二烷	0.60	—	甲基丁酮	1.2	8.0
三乙胺	1.2	8.0	r-丁内酯	2.0	—
三甘醇	0.9	9.2 ²⁸	戊烷	1.4	7.8
三氧杂环己烷	3.2	—	1-5-戊二醇	—	—
三氯乙烯	12 ²⁸	40 ²⁵	2-戊烯	1.4	8.7
三甲胺	2.0	12	无水醋酸	2.7	10
2,2,3-三甲基丁烷	0.95	—	无水邻苯二甲酸	1.2	9.2 ²
甲苯	1.2	7.1	甲醇	6.7	36 ¹
萘	0.88 ¹⁹	5.9 ²⁰	甲烷	5.0	15.0
尼古丁	0.75	—	甲基乙炔	1.7	—
硝基乙烷	3.4	—	甲胺	4.2	—
1-硝基丙烷	2.2	—	甲基·异丁基甲醇	1.2	—
2-硝基丙烷	2.5	—	1,3-丙二醇	1.7	—
硝基甲烷	7.3	—	-丙炔酸内酯	2.9	—
1-丁烯	1.6	10	丙醛	2.9	17
2-丁烯	1.7	9.7	丙基酸 n-戊烷	1.0	—
糠醇	1.8 ¹⁵	16 ⁶	甲基丙烯酸	1.8	11
丙醇	2.4	—	甲基丙基酸	2.4	13
1-丙醇	2.2 ¹²	14	丙胺	2.0	—
2-丙醇	2.2	—	丙烯	2.4	11
丙烷	2.2	9.5	丙烯化氧	2.8	37
1,2-丙二醇	2.5	—	溴苯	1.6	—
三聚乙醛	1.3	—	正十六烷	0.43	—
二环己烷	0.65	5.1	1-环己醇	1.2	—
己烷	1.2	7.4	一甲基环己醇	1.0	—
己醚	0.6	—	甲基环乙烷	1.1	6.7
庚烷	1.05	6.7	甲基环二烯	1.3	7.6
苯	1.3	7.9	甲基苯乙烯	1.0	—

续表

化学物质	爆炸极限(体积分数) %		化学物质	爆炸极限(体积分数) %	
	下限	上限		下限	上限
1-戊醇	1.4	10	-甲基萘	0.8	
2-二甲基丙烯萘	0.53	3.2 ¹⁸	甲基乙烯基醚	2.6	39
甲基联氨	4	—	3-甲基吡啶	1.4	
酪酸	2.1	—	3-甲基丁烷	1.5	9.1
二甲基硫	2.2	20	甲基·丙基酮	1.6	8.2
甲基·异丙酮	1.8	9.0	2-甲基戊烷	1.2	—
二甲醚	3.4	27	异丙基环丙烯	0.52	4.1 ¹⁸
甲基氯仿					

注:(1)本表摘自美国矿山局的 Zabetakis 在 1965 年发表的《可燃气体及蒸气的可燃特征》;

(2)爆炸极限的角注为温度条件值:

$t = 100$	$t = 47$	$t = 75$	$t = \text{计算值}$	$t = 50$
$t = 35$	$t = 140$	$t = 150$	$t = 110$	$t = 175$
1 $t = 60$	12 $t = 53$	13 $t = 36$	14 $t = 130$	15 $t = 72$
16 $t = 117$	17 $t = 125$	18 $t = 200$	19 $t = 78$	20 $t = 122$
21 $t = 43$	22 $t = 195$	23 $t = 160$	24 $t = 96$	25 $t = 70$
26 $t = 29$	27 $t = 247$	28 $t = 30$	29 $t = 203$	

4)D 类火灾

指可燃金属燃烧引起的火灾和带电物体火灾。

(1) 可燃金属

锂、钠、钾、钙、锶、镁、铝、钛、锆、铈、铪、钽和铀,由于它们处于薄片状、颗粒状或熔融状态时很容易着火,故称它们为可燃金属。可燃金属燃烧引起的火灾之所以从 A 类火灾中分离出来,单独作为 D 类火灾,是因为这些金属燃烧时,燃烧热很大,为普通燃料的 5~20 倍,火焰温度很高,有的甚至达到 3 000 以上,并且在高温下金属性质特别活泼,能与水、二氧化碳、氮、卤素及含卤化合物发生化学反应,使常用灭火剂失去作用,必须采用特殊的灭火剂灭火。

(2) 建筑构件金属

作为建筑构件支撑的钢筋、铝合金框架虽然在火灾中不会燃烧,但受高温作用后强度降低很多。钢材在 500 时,抗拉强度要降低 50% 左右,铝合金则几乎失去抗拉强度。这是建筑火灾扑救时应引起严重注意的问题。

(3) 带电物体火灾

带电物体(包括带电设备、导线等)火灾,在扑救中,不能采用导电体作灭火剂,如直流水柱等。

1.2 高、低层建筑和火灾救助原则

1.2.1 高、低层建筑的划分及高层民用建筑分类

1) 高、低层建筑的划分

民用建筑根据建筑高度或建筑层数分为高层建筑和低层建筑。高层建筑和低层建筑的划分主要取决于扑救火灾时消防设备的登高工作高度和消防车的供水高度。

国产 CQ23 型曲臂登高消防车,最大工作高度为 23 m,可扑救建筑高度在 24 m 以下的建筑

物火灾。目前我国城市消防多数配备的解放牌消防车,在最不利情况下,直接扑救火灾的最大高度约为 24 m。

根据消防登高设备的工作高度和消防车的供水高度,我国高层建筑的起始线为建筑高度 24 m,住宅建筑层数为 10 层。这个起始线的确定同时参考了国外部分国家高层建筑起始高度线。表 1.5 为世界部分国家高层民用建筑起始高度标准。由于住宅和其他民用建筑层高相差较大,若仅以建筑高度或建筑层数作为划分高、低层建筑的标准是不全面的,也是不合理的。一般来说,住宅以层数为高、低层划分标准,而其他民用建筑则以建筑高度作为高、低层划分标准较为适宜。

高层建筑起始高度线不是固定不变的,当登高消防设备的工作高度和消防车的供水能力等改变了,高层建筑的起始高度线也可作相应调整。

2) 高层民用建筑分类

高层民用建筑根据使用性质、火灾危险性、疏散和扑救难度分为一类建筑和二类建筑两类。高层民用建筑分类见表 1.6。

表 1.5 世界部分国家高层民用建筑起始高度标准

国家名称	起始高度(或层数)	备注
中国	层数 10 层的住宅;建筑高度超过 24 m 的其他民用建筑	
西德	按最高一层地坪(经常有人停留)高出地面以上 22 m	
日本	层数 11 层或建筑高度 31 m	建筑高度 45 m 称超高层建筑
法国	建筑高度 28 m 的公共建筑 建筑高度 50 m 的居住建筑	
英国	建筑高度 30 m 及建筑物底层面积 900 m ²	
比利时	入口路面以上建筑高度 25 m	
前苏联	层数 10 层的居住建筑及层数 7 层的公共建筑	
美国	建筑高度 22 ~ 25 m,层数 7 层	

表 1.6 高层民用建筑分类

名称	一类	二类
居住建筑	高级住宅 19 层及 19 层以上的普通住宅	10 ~ 18 层的普通住宅
公共建筑	医院 高级旅馆 建筑高度超过 50 m 或每层建筑面积超过 1 000 m ² 的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼 建筑高度超过 50 m 或每层建筑面积超过 1 500 m ² 的商住楼 中央级和省级(含计划单列市)广播电视楼 网局级和省级(含计划单列市)电力调度楼 省级(含计划单列市)邮政楼、防灾指挥调度楼 藏书超过 100 万册的图书馆、书库 重要的办公楼、科研楼、档案楼 建筑高度超过 50 m 的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等	除一类建筑以外的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼、商住楼、图书馆、书库 省级以下的邮政楼、防灾指挥调度楼、广播电视楼、电力调度楼 建筑高度不超过 50 m 的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等

注：高级旅馆系指建筑标准高、功能复杂、可燃装修多。设有空气调节系统的旅馆。

高级住宅系指建筑标准高，可燃装修多。设有空气调节系统或空气调节设备的住宅。

重要的办公楼、科研楼、图书楼、档案楼系指性质重要，建筑标准高，设备、图书、资料贵重，火灾危险性大，发生火灾后损失大，影响大的办公楼、科研楼、图书楼、档案楼。

3) 建筑物的耐火等级

根据建筑构件的燃烧性能和耐火极限，建筑物有不同的耐火等级要求。建筑构件的燃烧性能根据其组成材料的不同，分为不燃烧体、难燃烧体和燃烧体三类。建筑构件的耐火极限是指按时间—温度标准曲线进行耐火试验，从受到火的作用时起，到失去支持能力或完整性被破坏或失去隔火作用时止的这段时间，以小时表示。

《建筑设计防火规范》(GBJ 16—87)将工业与普通民用建筑的耐火等级划分为 1、2、3、4 级，并且对不同耐火等级建筑物的建筑构件的燃烧性能和耐火极限作了具体的规定。1 级耐火等级建筑物的防火性能最好，4 级建筑物防火性能最差。

高层建筑的耐火等级，只分为 1 级和 2 级。规定 1 类高层建筑的耐火等级应为 1 级，2 类高层建筑的耐火等级应不低于 2 级，裙房的耐火等级应不低于 2 级，高层建筑地下室的耐火等级应为 1 级。

1.2.2 高层建筑防火分区、防烟分区及安全疏散

1) 防火分区

建筑物一旦发生火灾，为了防止火势蔓延扩大，需要将火灾控制在一定的范围内进行扑灭，尽量减轻火灾造成的损失。在建筑设计中，利用各种防火分隔设施，将建筑物的平面和空间分成若干个分区，称为防火分区。《高层民用建筑设计防火规范》规定 1 类建筑、2 类建筑和地下室，每个防火分区允许的最大建筑面积分别为 1 000 m²、1 500 m² 和 500 m²；当设有自动灭火系统时，上述面积可增加 1 倍。

竖向防火分隔设施主要有楼板、避难层、防火挑檐、功能转换层等。建筑物中的电缆井、管道除井壁材料和检查门有防火要求外，对于建筑高度不超过 100 m 的高层建筑，其井内每隔 2~3 层在楼板处用相当于楼板耐火极限的不燃烧体作防火分隔；建筑高度超过 100 m 的高层建筑，应在每层楼板处作相应的防火分隔。

水平防火分隔设施主要有防火墙、防火门、防火窗、防火卷帘、防火幕和防火水幕等，建筑物墙体客观上也发挥防火分隔作用。

2) 防烟分区

防烟分区是防火分区的细分，是指为了将烟气控制在一定的范围内，以屋顶挡烟隔板、挡烟垂壁、隔墙或从顶棚下突出不小于 500 mm 的梁来划分区域的防烟空间。可有效地控制烟气随意扩散，但无法防止火灾的扩散。

划分防烟分区是在防火分区的基础上，保证在一定时间内，火场上产生的高温烟气不随意扩散，并得以迅速排除。以控制火势蔓延，满足人员安全疏散和火灾扑救的需要，避免造成不应有的伤亡事故，减少火灾损失。

一般每个防烟分区采用独立的排烟系统或垂直排烟道(竖井)进行排烟。如果防烟分区的面积过小，会使排烟系统或垂直排烟道数量增多，提高系统和建筑造价；如果防烟分区面积过大，使高温的烟气波及面积加大，受灾面积增加，不利于安全疏散和扑救。因此规定每个防烟分区的建