

710

710.1  
C4

# 城市与建筑防灾

陈保胜 编著

同济大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

城市与建筑防灾/陈保胜编著. —上海:同济大学出版社, 2001. 7

ISBN 7-5608-2262-2

I. 城... II. 陈... III. 城市—建筑—防灾—建筑设计 IV. TU2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 14925 号

**城市与建筑防灾**

作 者 陈保胜

责任编辑 张 颖 责任校对 谢卫奋 装帧设计 陈益平

---

出 版 同济大学出版社  
发 行

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 江苏句容排印厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 14.25

字 数 364800

版 次 2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2262-2/TU·397

定 价 22.00 元

---

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

## 前 言

随着我国国民经济的迅速发展,城市基本建设日新月异,特别是大量高层建筑的出现,大大地改善了城市景观和人民的居住条件。但是,随着基本建设的突飞猛进,也会增加城市灾害的发生。这几年,城市灾害,特别是建筑火灾呈上升趋势,恶性案例时有发生,这对人民的生命财产带来了很大的危害。人们清醒地认识到,城市与建筑防灾已经成为城市建设的重要课题,也是城市规划设计和建筑设计的重要内容。在这以前,我们曾编撰过《建筑防灾设计》、《建筑安全学》两书,受到了广大读者的欢迎,但是,随着国民经济的迅速发展,上述两本书已不能满足广大读者的需求,因此,我们在前两本书的基础上,根据现行规范,增加了新的内容,特别是新增了室内装修防火设计的章节。

本书可作为高等院校建筑类本科、专科的教材,并可供广大城市规划、建筑和室内设计的工程技术人员在工程实践中参考;也可供参加全国注册规划师、注册建筑师考试复习之用。

本书不当之处望广大读者批评指正。

编者

2000年6月于上海

# 目 录

|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| 绪论 .....                               | (1)  |
| 第一章 建筑和火灾 .....                        | (3)  |
| 第一节 起火的原因和燃烧条件 .....                   | (3)  |
| 第二节 火灾的发展和蔓延 .....                     | (6)  |
| 第三节 建筑材料在高温下的状态 .....                  | (9)  |
| 第四节 建筑构件的耐火性能 .....                    | (10) |
| 第二章 民用建筑的防火设计 .....                    | (19) |
| 第一节 民用建筑的耐火等级 .....                    | (19) |
| 第二节 民用建筑防火设计 .....                     | (22) |
| 第三节 建筑装修的防火要求 .....                    | (31) |
| 第四节 民用建筑的防烟与排烟 .....                   | (34) |
| 第五节 民用建筑的安全疏散 .....                    | (40) |
| 第三章 工业建筑和库房的防火设计 .....                 | (47) |
| 第一节 生产和贮存物品的火灾危险性分类 .....              | (47) |
| 第二节 工业建筑和库房的耐火等级 .....                 | (50) |
| 第三节 工业建筑和库房的防火设计 .....                 | (52) |
| 第四节 工业建筑和库房的安全疏散 .....                 | (56) |
| 第四章 高层建筑的防火设计 .....                    | (60) |
| 第一节 高层建筑的火灾特点 .....                    | (60) |
| 第二节 高层建筑的耐火等级 .....                    | (61) |
| 第三节 高层建筑的防火设计 .....                    | (62) |
| 第四节 高层建筑的安全疏散 .....                    | (68) |
| 第五节 高层建筑的疏散楼梯和楼梯间 .....                | (75) |
| 第五章 中庭建筑防火设计 .....                     | (81) |
| 第一节 中庭建筑的火灾特点 .....                    | (81) |
| 第二节 中庭建筑防火设计的基本原则以及国外关于设置中庭的若干规定 ..... | (81) |
| 第三节 中庭建筑的疏散方式 .....                    | (82) |
| 第四节 中庭建筑的烟气控制和排除 .....                 | (84) |
| 第五节 中庭火势的控制 .....                      | (88) |
| 第六章 室内装修防火设计 .....                     | (90) |
| 第一节 概述 .....                           | (90) |
| 第二节 室内装修的火灾危险性 .....                   | (92) |
| 第三节 室内装修材料的分类 .....                    | (96) |

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| 第四节 室内装修防火设计 .....               | (98)         |
| <b>第七章 建筑与爆炸 .....</b>           | <b>(106)</b> |
| 第一节 爆炸的基本知识 .....                | (106)        |
| 第二节 爆炸的种类及其破坏作用 .....            | (109)        |
| 第三节 建筑物的分类设防 .....               | (112)        |
| <b>第八章 建筑物的防爆设计 .....</b>        | <b>(114)</b> |
| 第一节 厂房建筑的防爆设计 .....              | (114)        |
| 第二节 仓库建筑的防爆设计 .....              | (116)        |
| 第三节 露天生产场所建筑物防爆设计 .....          | (118)        |
| <b>第九章 防爆建筑构造 .....</b>          | <b>(121)</b> |
| 第一节 泄压轻质层盖和外墙 .....              | (121)        |
| 第二节 泄压窗 .....                    | (125)        |
| 第三节 防爆墙 .....                    | (126)        |
| 第四节 防爆窗 .....                    | (129)        |
| 第五节 防爆门 .....                    | (132)        |
| 第六节 不发火地面 .....                  | (134)        |
| <b>第十章 城市消防安全和建筑物的防火间距 .....</b> | <b>(136)</b> |
| 第一节 城市的防火规划和消防车道 .....           | (136)        |
| 第二节 建筑物的防火间距 .....               | (142)        |
| <b>第十一章 建筑与地震 .....</b>          | <b>(149)</b> |
| 第一节 概述 .....                     | (149)        |
| 第二节 地震对建筑物的破坏作用 .....            | (155)        |
| <b>第十二章 抗震设计的基本原则 .....</b>      | <b>(161)</b> |
| 第一节 抗震设计的基本思想 .....              | (161)        |
| 第二节 建筑物的抗震设防标准 .....             | (161)        |
| 第三节 抗震设计的基本原则要点 .....            | (161)        |
| <b>第十三章 多层砖房的抗震设计 .....</b>      | <b>(168)</b> |
| 第一节 震害概况 .....                   | (168)        |
| 第二节 影响震害的因素 .....                | (172)        |
| 第三节 抗震构造设计 .....                 | (174)        |
| <b>第十四章 空旷砖房和单层厂房抗震设计 .....</b>  | <b>(181)</b> |
| 第一节 概述 .....                     | (181)        |
| 第二节 震害概况 .....                   | (182)        |
| 第三节 抗震构造设计 .....                 | (188)        |
| <b>第十五章 建筑抗震鉴定和加固 .....</b>      | <b>(194)</b> |
| 第一节 房屋抗震的加固原则 .....              | (194)        |
| 第二节 房屋地基和基础的抗震鉴定与加固 .....        | (194)        |
| 第三节 多层砖房的抗震鉴定与加固 .....           | (195)        |

|             |                        |       |
|-------------|------------------------|-------|
| 第四节         | 空旷房屋的抗震鉴定与加固·····      | (201) |
| 第五节         | 单层厂房的抗震鉴定与加固·····      | (204) |
| <b>第十六章</b> | <b>建筑防灾与结构选型</b> ····· | (213) |
| 第一节         | 多层建筑的结构形式·····         | (213) |
| 第二节         | 高层建筑的结构形式·····         | (215) |
| <b>参考文献</b> | ·····                  | (218) |

## 绪 论

自然界中的一切物质都处在运动和变化之中。物质的运动和变化,有时能够释放出巨大的能量而造福于人类,但是,如果这种能量超出了环境的承受能力,它将走向反面,甚至会危及人们的生命和财产,成为一种灾害。

自然界中的灾害种类很多,有风灾、水(涝)灾、火灾、地震等。有的灾害往往还会互相影响,互相并存。例如,台风季节,往往还伴有暴雨,造成风、水灾害并存;又如强烈的地震往往使建筑物倒塌,甚至会造成建筑物爆炸而引起火灾等。

由某次灾害直接造成的危害称原发性灾害,如地震可使建筑物倒塌;非直接造成的灾害称次生灾害,如地震引起了海啸、山崩、泥石流等。有时次生灾害比原发性灾害所产生、并造成的危害损失更大。如1970年秘鲁大地震时,瓦斯卡兰山北峰的泥石流从3750m高处崩落,以约320km/h的速度卷走了一些村镇,一切建筑物荡然无存,地形也为之改观,死亡人数达25000人。又如1960年智利沿海发生了8.9级地震,地震后22h,海啸袭击了夏威夷,浪高达10m,在17000km以外的日本本州和北海道的太平洋沿岸,浪竟高达4m,使海港码头和沿海岸一些建筑物受到了巨大的损失。因此,城市规划设计时必须考虑灾害对城市建设的影响,尤其是次生灾害对城市建设的影响。

从灾害发生的原因来看,大体可分为以下三种属性:

### 1. 自然性灾害

由自然界物质的内部运动而造成的灾害属自然性灾害,通常叫自然灾害。如地球在运动过程中产生巨大的能量作用,使地球的地壳和地幔产生很大的应力,当这些应力积累超过了某处岩层的强度时,岩石遭到破坏,产生错动,这就是地震。

地震灾害往往带有突发性,它在某时某刻,甚至在人们毫无思想准备的情况下出现,造成的危害也最大。如1976年7月28日,我国唐山市发生7.8级的强烈地震,使整个唐山市遭到毁灭性的破坏,造成数十万人伤亡。又如1989年10月17日,美国的旧金山在当地时间下午5点零4分发生了6.9级的强烈地震,地震发生时,许多建筑物左右摇晃达数英尺后倒塌,甚至起火;著名的旧金山海湾大桥上层桥面被震塌一节,一些高架桥被毁,坚固的高速公路也出现多处裂缝或塌陷;这场灾难中至少有270人丧生,总的损失达10亿美元。

因此,地震灾害是所有灾害中危害最大的,而且从目前的科技水平来说,人类还无法控制地震灾害的发生。

### 2. 条件性灾害

物质在运动中必须具备某种条件才能发生质的变化,并且由这种变化而造成的灾害称为条件性灾害。如某种液体所散发的可燃气体在空气中形成某种混合物,一旦遇到明火就会发生爆炸,乃至引起火灾,这里的混合物和明火都是条件,只要缺少其中一个条件,爆炸就不会发生。又如物质在燃烧过程中必须具备三个条件:有燃烧的物质,有助燃的氧气,有燃烧的火源,只要三个条件同时出现,相互依存,就能起火。

我们认识了某种灾害产生的条件性,就可以在生活和生产中设法消除这些条件的存在,

从而避免某些灾害的发生。

### 3. 行为性灾害

凡是人为造成的灾害,不论是有意的还是无意的都称为行为性灾害。在日常生活中,人们往往不注意安全,如有的人抽烟,烟蒂不灭就仍进纸篓,有的人用电炉烤东西碰到可燃物质等引起火灾;有的则由人为的破坏造成的,如某市百货商场,因人为破坏造成严重火灾,使整幢大楼和财产付之一炬,直接经济损失达一亿元人民币。对此灾害,国家将根据损失的大小,按照法律追究刑事责任。过去 40 年,世界主要自然灾害的伤亡情况及我国几次强地震伤亡情况见表 0-1。

表 0-1 过去 40 年世界主要自然灾害的伤亡情况

| 发生年代 | 灾害种类 | 灾害地点           | 死亡人数(略数) |
|------|------|----------------|----------|
| 1962 | 滑坡   | 秘鲁·法西斯加拉山      | 4 000    |
| 1962 | 地震   | 伊朗西北部          | 12 000   |
| 1963 | 旋风   | 孟加拉            | 22 000   |
| 1963 | 火山喷火 | 印度尼西亚·巴里岛      | 1 200    |
| 1963 | 滑坡   | 意大利            | 2 000    |
| 1965 | 旋风   | 孟加拉            | 57 000   |
| 1968 | 地震   | 伊朗西北部          | 12 000   |
| 1970 | 地震   | 秘鲁北部           | 70 000   |
| 1970 | 旋风   | 孟加拉            | 500 000  |
| 1971 | 旋风   | 印度·阿里萨         | 10 000   |
| 1972 | 地震   | 伊朗·基尔          | 5 000    |
| 1976 | 地震   | 中国·天津—唐山       | 250 000  |
| 1976 | 地震   | 危地马拉           | 24 000   |
| 1977 | 旋风   | 印度·安度拉山        | 20 000   |
| 1978 | 地震   | 伊朗东北部          | 25 000   |
| 1982 | 火山喷火 | 墨西哥·爱鲁其翹山      | 500      |
| 1985 | 旋风   | 孟加拉            | 10 000   |
| 1985 | 地震   | 墨西哥            | 8 000    |
| 1985 | 火山喷火 | 哥伦比亚·尼巴度戴鲁鲁伊斯山 | 25 000   |
| 1987 | 地震   | 厄瓜多尔东北部        | 4 000    |
| 1988 | 旋风   | 孟加拉            | 1 500    |
| 1988 | 地震   | 亚美尼亚           | 25 000   |
| 1989 | 地震   | 美国·旧金山         | 270      |
| 1990 | 地震   | 伊朗             | 500 000  |
| 2001 | 地震   | 印度             | 100 000  |

# 第一章 建筑和火灾

火能造福于人类,人们日常的生活和生产一天也离不开火。但火在人们失去对它的控制之时,会成为灾害而危及人类。

火灾是所有灾害中最常见、最普遍的。火灾对社会会产生严重的政治影响、巨大的经济损失或重大人身伤亡。因此,一幢建筑物从防火要求出发,它的平面布置是否合理,材料选择是否恰当,不仅体现了一位建筑师的技术水准、道德观念,同时也包含着法律的内涵。故建筑防火应在规划、建筑设计阶段作周密的考虑,以便把火灾隐患减少到最低的限度,并为一旦发生火灾创造扑救的条件。

## 第一节 起火的原因和燃烧条件

### 一、起火原因

建筑物起火的原因是多种多样的,在生产和生活中,有因为使用明火不慎引起的,有因为化学或生物化学的作用造成的,有因为电线短路引起的,也有因为坏人纵火引起的。

为了避免发生火灾,减少火灾造成的损失,设计人员在着手设计一个建筑物时,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,以及该建筑物周围的环境,以便有针对性地采取积极的预防措施。同时,参加设计的人员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,以便制定出更多、更有效的防火措施。

生产和生活中,因使用明火不慎而引起的火灾是很多的。例如,在厂房内,不顾周围环境随意动火焊接、烘烤物品过热等;在公共场所内乱扔烟蒂、乱放鞭炮、乱扔火柴梗等而使火种混进废纸堆等,这些都是因为违反操作规程、缺乏防火意识、思想麻痹等原因造成的。

除明火以外,暗火引起火灾的情况也很多。其中有的是有火源的,如炉灶、烟囱的表面过热烤着邻近的木结构;有的是没有火源的,如大量堆积在库房里的物质,因为通风不好,内部发热,以致积热不散发生自燃;有的是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;有的是化工生产设备失修,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;有的是机械设备摩擦发热,使接触到的可燃物自燃起火等等。

用电引起火灾的原因,主要是因为用电设备超负荷,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燃;导线因老化引起的短路电弧能使充油的设备爆炸;保险丝和开关的花火能使易燃、可燃液体蒸汽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,使管道内的液体或气体烧着,发生爆炸。

在建筑设计中,除了要充分估计到建筑物内部起火的可能性外,同时还要注意到外部环境可能出现引起建筑物起火的条件,不能留下隐患。

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、熄灭炉火以及

处理好易燃、易爆生产装置和危险物品,当房屋受震时,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,以避免大的火灾损失。

## 二、火的“三要素”条件

随着科学技术的发展,人们对火的认识比古人要深刻得多,而且深入到了对火的本质研究。火是一种放热发光的物理现象,是物质分子游离基的链锁反应。但是,起火必须具备如下三个条件,称为火的“三要素”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火源。

只要上述三个条件同时出现,相互依存,就能起火。

一般可燃物质接触到火源时都能着火燃烧。但是,有些可燃物质受到水、空气、热、氧化剂或其他物质的作用时,虽未接触到火源,也要自行燃烧,这种现象称为自燃。

例如,木材受热在  $100^{\circ}\text{C}$  以下时主要是蒸发水分,超过  $100^{\circ}\text{C}$  开始分解可燃气,伴随着自身放出少量热量。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,由于温度逐渐提高而到达自己发焰燃烧的温度,即自燃点,这就是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。

一般可燃物质的自燃点,以摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )表示。各种可燃物质的自燃点见表 1-1。

液体碰到高温,散发出气体,气体一接触火焰即燃烧,这个现象称闪燃。出现闪燃的最低温度称闪点。闪燃出现的时间不长,因为当时燃体蒸发的速度还供不上燃烧的需要,所以,很快便把仅有的气体烧光。但是,如果温度继续升高,液体挥发的速度加快,这时再遇到明火便有起火爆炸的危险。所以,闪点的到达是易燃、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的主要依据。现将常见的几种易燃、可燃液体的闪点例举在表 1-2 中。

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

日常遇到能够引起物质燃烧的情况很多,如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高温、高压的易燃、可燃液体,只要管道出现漏洞,喷出来的就是火;工地上的生石灰遇水发热能把草袋烧着。总之,由于物质燃烧的性质,一旦遇到适当的条件,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在建筑设计中针对物质燃烧的条件,采取防火的具体措施。

表 1-1

可燃物质的自燃点

| 名 称  |       | 自燃点(℃) | 名 称  |       | 自燃点(℃) |
|------|-------|--------|------|-------|--------|
| 固体物质 | 黄 磷   | 30     | 液体物质 | 苯 甲 醇 | 435    |
|      | 电影胶片  | 120    |      | 异 丙 醇 | 455    |
|      | 纸 张   | 130    |      | 丙酸甲酯  | 469    |
|      | 赛 璐 珞 | 150    |      | 二氯乙烯  | 456    |
|      | 棉 花   | 150    |      | 丁酸乙酯  | 464    |
|      | 麻 绒   | 150    |      | 甲 醇   | 475    |
|      | 蜡 烛   | 190    |      | 丙酸乙醇  | 477    |
|      | 布 匹   | 200    |      | 丙 烯 腈 | 480    |
|      | 赤 磷   | 200    |      | 醋酸乙酯  | 486    |
|      | 松 香   | 240    |      | 丁 醇   | 503    |
|      | 沥 青   | 250    |      | 酒 精   | 510    |
|      | 木 材   | 260    |      | 甲 乙 酮 | 515    |
|      | 煤     | 320    |      | 氯化乙烷  | 519    |
|      | 木 炭   | 350    |      | 氰 氢 酸 | 538    |
|      | 樟 脑   | 375    |      | 甲基吡啶  | 537    |
|      | 葱     | 475    |      | 丙 醇   | 540    |
|      | 萘     | 515    |      | 三聚乙醛  | 541    |
|      | 磷 甲 酚 | 559    |      | 氯 苯   | 550    |
|      | 苯 酚   | 574    |      | 乙 苯   | 553    |
|      | 对 甲 酚 | 626    |      | 甲 苯   | 552    |
|      | 有机玻璃  | 660    |      | 二 甲 苯 | 553    |
| 液体物质 | 二硫化碳  | 112    |      | 丙 酮   | 570    |
|      | 乙 醚   | 180    |      | 吡 啶   | 573    |
|      | 乙 醛   | 185    |      | 戊 烷   | 579    |
|      | 甲 乙 醚 | 100    |      | 苯     | 580    |
|      | 丁 烯 醛 | 232    |      | 冰 醋 酸 | 599    |
|      | 缩 醛   | 233    |      | 间 甲 酚 | 626    |
|      | 松 节 油 | 235    |      | 醋酸甲酯  | 654    |
|      | 石 油 醚 | 246    |      | 酚     | 710    |
|      | 丙 烯 醛 | 270    | 气体物质 | 硫 化 氢 | 260    |
|      | 重 油   | 300    |      | 石 油 气 | 356    |
|      | 乙 二 胺 | 315    |      | 甲 醛   | 430    |
|      | 戊 醇   | 327    |      | 丙 烷   | 446    |
|      | 亚麻仁油  | 350    |      | 异 丁 烷 | 462    |
|      | 醋酸丁酯  | 371    |      | 乙 炔   | 480    |
|      | 异 丁 胺 | 372    |      | 环 丙 烷 | 497    |
|      | 丙 烯 醇 | 378    |      | 乙 烷   | 510    |
|      | 二氯乙烷  | 378    |      | 甲 烷   | 537    |
|      | 醋酸戊酯  | 379    |      | 乙 烯   | 546    |
|      | 煤 油   | 380    |      | 天 然 气 | 550    |
|      | 石 油   | 380    |      | 氢     | 570    |
|      | 甘 油   | 390    |      | 氯化甲烷  | 632    |
|      | 糠 醛   | 393    |      | 甲 烷   | 650    |
|      | 醋 酸 酐 | 400    |      | 发生炉煤气 | 700    |
|      | 氯 乙 醇 | 410    |      | 氨     | 780    |
|      | 汽 油   | 415    |      | 氟     | 850    |

表 1-2

液体的闪点

| 液体名称  | 闪点(℃)   | 液体名称 | 闪点(℃) |
|-------|---------|------|-------|
| 石 油 醚 | -50     | 吡 啶  | +20   |
| 汽 油   | -53~+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    |

## 第二节 火灾的发展和蔓延

### 一、火灾的发展过程

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,这时燃烧已经蔓延到整个房间,室内温度升高到1000℃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,这时室内可以燃烧的物质已经基本烧光,燃烧向着自行熄灭的方向发展。

建筑防火就是和火灾发展过程的第一阶段和第二阶段发生关系。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势直接威胁的种种保护措施。

例如,火灾初起阶段的时间,根据具体条件,可能在5~20min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,把火势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,提供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,燃烧面积就不会扩大,可降低火灾发展蔓延的危险性。

火灾发展到第二阶段,室内的物质都在猛烈燃烧,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,针对火灾发展的第二阶段温度高、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、耐火顶棚等),把火限制在起火部位,使火势不能向外蔓延;并适当地选用耐火时间较长的建筑结构,使结构在猛烈的火焰作用下,保持其应有强度的稳定,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。这是假设发生火灾时不进行抢救的情况,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。

在起火的建筑物内,火从起火房间转移到其他房间,主要是靠可燃构件的直接延烧、热的传导、热辐射和热的对流进行扩大蔓延的。

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烤由闷顶内穿出来的暖气管道,在没有采取安全措施的条件下,经常会使顶棚上的保温材料自燃起火,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辐射到周围物体上。烧得很旺的火炉能把旁边湿的衣服烤干,如果靠得太近,还可能把衣服烧着。在火场上,起火建筑物也像火炉一样,能把距离较近的建筑物内的可燃物质烤着燃烧,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,正像油浮在水面上一样,向上升腾,与四周的冷空气形成对流。起火时,烟从起火房间的窗口排到室外,或经内墙门流向走道,窜到其他房间,并通过楼梯间向上窜到屋顶。火场上火势发展的规律表明,浓烟流窜的方向,往往就与火势蔓延的方向一致。特别是混有未完全燃烧的可烧气体或可燃液体、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置防火分隔墙时,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为止(图 1-1)。由此可知热对流对火势蔓延所起的重要作用。

研究火势蔓延途径,是在建筑物中采用防火隔断、设置防火分隔的根据;也是灭火中采取“堵截包围、穿插分割”、最后扑灭火灾的需要。综观火灾实际情况,可以得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,一条是火焰的热辐射穿过窗口烤着对面的建筑物;另一条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

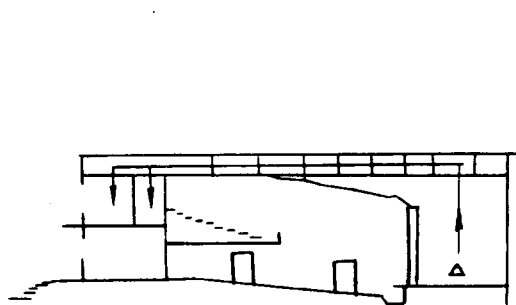


图 1-1 剧场火势蔓延途径  
△—起火点; →—火势蔓延途径

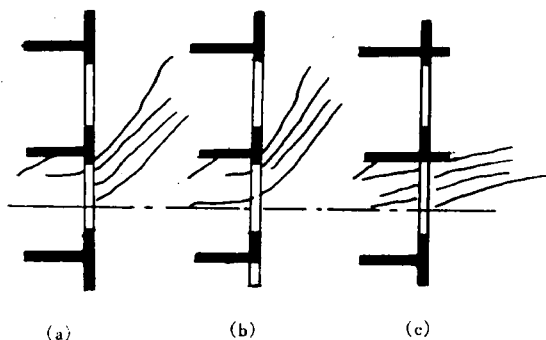


图 1-2 窗口上缘对热气流的影响  
(a) 窗口上缘较低,距上层窗口远;(b) 窗口上缘较高,距上层窗口近;(c) 窗口上缘有挑出雨篷,气流偏离上层窗口

所示,从下层窗口向上窜到上层室内,这样逐层向上蔓延,使整个建筑物起火。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、外部非燃烧体的雨篷、阳台等设施,使烟火偏离上层窗口,阻止火势向上蔓延。

热经墙上的窗口或门口辐射至隔邻的建筑物及其他可燃物。建筑物之间的距离、建筑物上的门、窗等以及附近的可燃物都能影响燃烧和蔓延(图 1-3)。

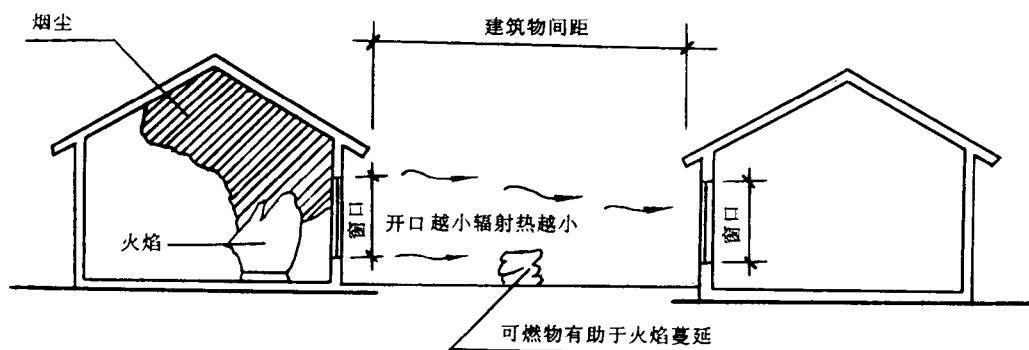


图 1-3 建筑物的辐射途径

## 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,木板门是房间外围阻火的薄弱环节,是火灾突破外壳窜到其他房间的重要途径之一。

在具有砖墙和混凝土楼板的建筑物内,情况也是一样。燃烧开始时,往往只有一个房间起火,而火最后蔓延到整个建筑物。其原因大多是因为内墙的门未能把火挡住,火焰烧穿内墙门,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,光靠火舌不易把相邻房间的门烧穿而进入室内。所以,内墙门的防火问题也很重要。

## 3. 间隔墙

当隔墙为木板或其他可燃物时,火能容易地穿过间隔墙的缝隙,窜到墙的另一面,把隔墙物质烧着。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,当墙厚度为很小的非燃烧体时,隔壁紧靠墙堆放的易燃物体,可能因为墙的导热和辐射而引起自燃起火。

## 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、电梯井或管道井向上蔓延。

火自上而下的使木地板起火的可能性是很小的。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燃烧。另外,预应力钢筋混凝土楼板,如受高热烤炙,预应力即会受到损失而导致楼板倒塌。

## 5. 空心结构

在板条抹灰墙木筋的空间、木楼板搁栅间的空间、屋盖空心保温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,在内部燃烧起来而不被觉

察。这样的火灾当被人发现时,往往已是难于扑救了。例如,一个五层砖木结构的建筑物,起火原因是位于地下室的火炉烤着抹灰的空心板条墙,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,而其他各层并未发现有火(见图 1-4)。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的破坏。究其根本原因,就是由于建筑物在设计和施工时,用燃烧体建造的纵横交错、整体串联造成了封闭的空间。因此,这种结构形式在设计和施工中应尽可能避免。

#### 6. 楼梯间

由于热气流向上的特性,火总是要通过楼梯间向上层蔓延。如 1990 年某市的一幢百货大楼二层发生火灾,火焰通过楼梯间迅速向上蔓延,直至四楼,大批可燃商品化为灰烬。因此,楼梯间的防火问题是建筑防火的重点。

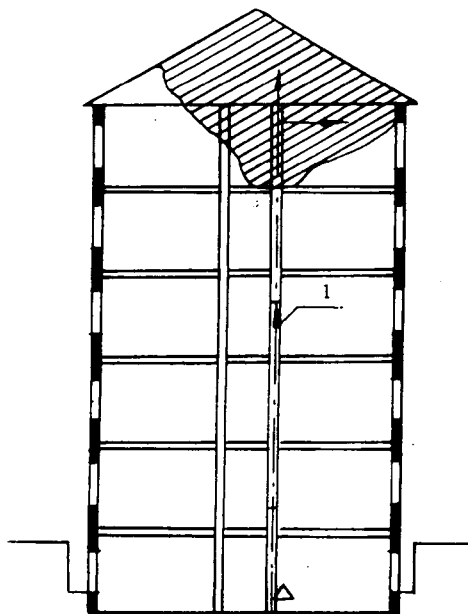


图 1-4 五层楼的火势蔓延途径

△一起火点; 1—空心板条墙

### 第三节 建筑材料在高温下的状态

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,如油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,如砖、石、金属材料和其他无机矿物质材料。

#### 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,或者说到达了某一极限温度值时,强度便大幅度地下降。如钢材在  $20^{\circ}\text{C}$  时的强度为  $450\text{N}/\text{mm}^2$ ,在  $485^{\circ}\text{C}$  时为  $278\text{N}/\text{mm}^2$ ,强度几乎降低了 50%,而到  $614^{\circ}\text{C}$  时,钢材的强度就只有  $70\text{N}/\text{mm}^2$  了。金属强度随温度变化的

情况,详见图 1-5 所示。

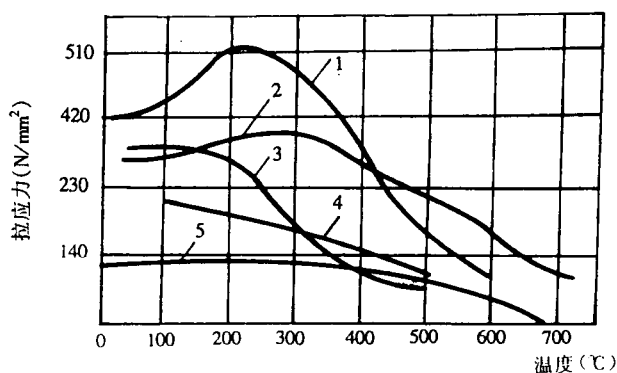


图 1-5 金属强度随温升的变化

1—建筑用钢；2—熟铁；3—青铜；4—紫铜；5—铸铁

为了提高金属结构的耐火性,就必须设法推迟构件达到极限温度的时间,其主要的方法是在构件表面粘贴隔热的保护层。

与金属结构相比,钢筋混凝土结构、砖石结构有着较高的耐火性能。火在短时间内对普通钢筋混凝土和砖石结构的影响不大。但在它们经受高温已经膨胀的表面再受到救火射水的急剧冷却,引起表面收缩,在内胀外缩的情况下,往往使混凝土的表面剥落而使其强度降低,同时,砖墙的抹灰或清水墙在受到长期的高温下表面也会剥落而破坏。

## 第四节 建筑构件的耐火性能

建筑构件是各种建筑材料的复合体,建筑构件的耐火性能与构件的材料有关。在现代建筑中,广泛采用混凝土构件和各种型钢构件。这些构件在火的作用下,其耐火性能如何确定,其耐火极限受到哪些因素影响,如何确定耐火极限等,这是本节要阐述的内容。

### 一、基本概念

建筑构件的耐火性能,通常是指构件的燃烧性能和抵抗火烧的时间(即耐火极限)。

建筑构件的燃烧性能与建筑材料的燃烧性能一样分为三类:第一类是非燃烧构件,第二类是难燃烧构件,第三类是燃烧构件。

所谓非燃烧构件,系指用在空气中受到火烧或高温作用时不起火、不微燃、不炭化的材料做成的构件,如混凝土、加气混凝土等构件。所谓难燃烧构件,系指用在空气中受到火烧或高温作用难于起火、难于炭化的材料做成的构件,如经过防火处理的木材、刨花板等。所谓燃烧构件,系指用在空气中受到火或高温作用时,立即能起火或微燃,并且离开火源后仍能继续燃烧或微燃的材料做成的构件,如木构件等。

建筑构件起火或受热失去稳定而导致损坏,能使建筑物倒塌,造成人身伤亡。为了安全疏散人员,抢救物资和扑灭火灾,要求建筑物具有一定的耐火能力。建筑物的耐火能力称为耐火极限。它的大小取决于建筑构件耐火性能的好坏。

耐火极限,即按研究实验所规定的火灾升温曲线,对建筑构件进行耐火试验,从受到火

的作用时起,到失掉支撑能力或发生穿透裂缝或背火一面温度升高到  $220^{\circ}\text{C}$  为止的时间,这段时间称为耐火极限,用小时(h)表示。

火灾升温曲线,即代表火灾时室内火灾温度与延续时间之间的关系曲线。实际的火灾温度曲线是记录从正常的室温开始,经过火灾初起、发展稳定与衰减熄灭三个发展阶段又回到正常温度的变化情况。每次火灾的升温曲线都因起火燃烧的条件不同,而有不同的火灾升温曲线。为了实验目的,各国都规定了标准时间-温度曲线(即火灾升温曲线)(图 1-6),以控制实验的温度。

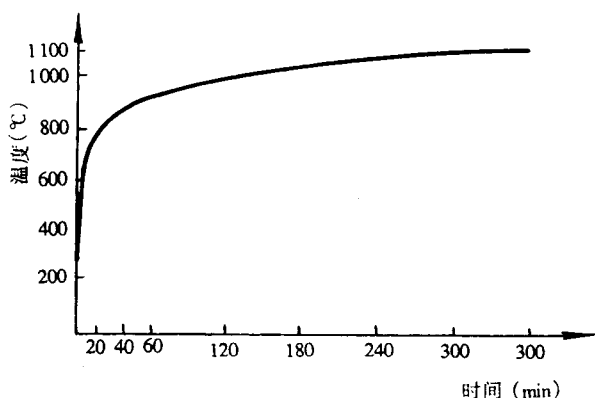


图 1-6 标准时间-温度曲线

其中,把发生穿透裂缝和背火面温度升高到  $220^{\circ}\text{C}$  作为界限,主要是因为构件上如果出现穿透裂缝,火能通过裂缝蔓延,或者是构件背火面的温度到达  $220^{\circ}\text{C}$ ,这时虽然没有火焰过去,但这样的温度已经能够使靠近构件背面的纤维制品自燃。在这三个条件中,只要任何一个条件满足,就可认为该构件达到了耐火极限。

建筑构件耐火极限三个条件的确定如下:

### 1. 关于失去承载能力问题

主要是指构件在火焰或高温作用下,受到破坏而引起建筑物局部或全部破坏。如钢屋架、钢梁、钢柱等无保护层的金属承重构件,一般在  $300\sim 400^{\circ}\text{C}$  时,其强度开始迅速下降;在  $500^{\circ}\text{C}$  左右,其强度下降到原来强度的  $40\%\sim 50\%$ ,所以,构件很快变形,以致失去支持能力。我们常常看到钢结构建筑在熊熊烈火燃烧下,很快塌落,形成“面条”,就是这个缘故。

### 2. 构件发生穿透裂缝

主要是指构件在火焰或高温作用下,火焰穿过构件,使其背火面可燃物燃烧起火。例如,木板隔墙,当受到火烧时,火焰很容易穿过木板的缝隙,窜到板壁另一面,迅速发生燃烧;又如板条抹灰墙,在火烧或高温作用下,内部可燃物首先自燃,到一定时候,背火面的抹灰层龟裂脱落,火焰穿过去,引起燃烧起火,等等。如有座建筑物的一个房间起火,这个房间与相邻房间的隔墙为木骨架两面钉石棉水泥板,在熊熊烈火直接烘烤这堵间隔墙时,板缝很快因变形扩大,火焰迅速从多处缝隙窜了过去,将相邻房间大量可燃物烧着,引起一场大火。

### 3. 背火面的温度

是指建筑构件在火烧或高温作用下,其背火面温度升高至  $220^{\circ}\text{C}$  时,在一定时间内和一定条件下,能使一些自燃点较低的可燃物(如棉花、纸张等),从烤焦到燃烧起火。例如,有一