



新世纪高职高专教改项目成果教材
Xinshiji Gaozhi Gaozhuan Jiaogai Xiangmu Chengguo Jiaocai



消防系统工程

徐鹤生 周广连 主编



高等教育出版社

新世纪高职高专教改项目成果教材

消防系统工程

徐鹤生 周广连 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是新世纪高职高专教改项目成果教材。

本书从建筑物自动消防系统及其工程应用的实际出发,详细介绍了建筑工程防火、火灾自动报警系统、室内外消火栓给水系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统、泡沫灭火系统、干粉灭火系统、防烟和排烟系统、安全疏散与诱导系统、消防控制室、建筑消防设施使用管理与维护等内容。本书着重阐述了建筑消防设施中各消防系统的组成、工作原理、设计原则和典型应用。较强的实践性、应用性是本书在内容组织上的一大特点。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校消防工程、楼宇自动化、建筑环境与设备工程、安全工程、土木工程、给水排水工程、电气工程及自动化、物业管理等专业的教材,也可作为本科消防专业师生和工程设计、监理、管理、安装等行业有关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

消防系统工程/徐鹤生,周广连主编. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7-04-014652-5

I.消... II.①徐...②周... III.消防-系统工程
IV.TU998.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 044046 号

策划编辑	孙 杰	责任编辑	李 激	封面设计	王凌波	责任绘图	朱 静
版式设计	王艳红	责任校对	张 颖	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京凌奇印刷有限责任公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 19.25
字 数 470 000

版 次 2004 年 7 月第 1 版
印 次 2004 年 7 月第 1 次印刷
定 价 24.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明



为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高[2000]3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高[2000]2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一些较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2002 年 11 月 30 日

前言



随着我国经济建设的飞速发展,各种大型地上建筑、地下建筑、高层和超高层建筑不断涌现,各类建筑火灾的危险性和危害性随之增长。因此,有效地监测建筑火灾、控制火灾、迅速扑灭火灾,对保障人民生命和财产的安全、保障国民经济建设是十分重要的。为了更好地完成上述任务,培养和造就大批掌握消防系统工程基本理论和技能的应用型人才,是我国消防高职高专教育的一项紧迫任务。本教材正是基于这种指导思想而编写的。

本教材从消防工程的设计、安装、维护等实际出发,将有关专业的建筑工程防火、火灾自动报警及联动控制系统、室内外消火栓给水系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统、泡沫灭火系统、干粉灭火系统、防烟和排烟系统、安全疏散与诱导系统等内容,有机地组合成一体,成为跨学科、跨专业的教学用书。本书着重阐述了建筑消防设施中各消防系统的组成、工作原理、设计原则和典型应用。在内容上以工程实际应用为主。

本书作为高职高专消防专业教材,面向的是将来直接从事工程应用的人才。为了突出应用能力的培养,在内容上重点对火灾自动报警系统、自动喷水灭火系统、二氧化碳灭火系统、泡沫灭火系统及干粉灭火系统的工程设计、施工做了具体、详尽的介绍。使用本教材时,各校可以根据自己的具体情况,在内容上加以适当的取舍。

在本书的作者中,有从事消防教学工作的教师,也有公安消防部队从事建筑防火审核工作的高级工程师,以及直接从事消防工程设计、施工的项目经理,这种组合可以达到优势互补,各取所长,共同提高的效果。本书共8章,其中第一章、第四章的第一、二节主要由徐鹤生编写,第五章主要由夏之彬编写,第二、六章主要由张永根编写,其余部分主要由周广连编写,参加编写的还有牟福元、郑李明、范乐昊等。本书由徐鹤生、周广连担任主编。

中国人民解放军武装警察学院消防工程系陈南教授审阅了本书。另外,在本书编写的过程中,金陵科技学院04届楼宇智能化专业毕业生龚玉锋、陈婕同学也作了一些辅助性工作。在此一并表示衷心地感谢。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校消防工程、楼宇自动化、建筑环境与设备工程、安全工程、土木工程、给水排水工程、电气工程及自动化、物业管理等专业的教材,也可作为本科消防专业教学和工程设计、监理、管理、安装等行业有关的消防工程技术人员参考书。

由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2003年12月

目 录



第一章 概论	1
第一节 建筑与火灾	1
第二节 建筑火灾的发展和蔓延	7
第三节 建筑消防系统	10
第二章 建筑工程防火	14
第一节 建筑物的耐火性能	14
第二节 建(构)筑物总平面布局和平面布置	18
第三节 建筑物的防火分区、防烟分区	25
第四节 建筑内部装修防火	35
第三章 火灾自动报警系统	43
第一节 火灾自动报警系统的工作原理及组成	43
第二节 火灾自动报警系统保护对象分级及火灾探测器设置部位	54
第三节 火灾自动报警系统的设计	58
第四节 火灾自动报警系统的典型应用	77
第四章 建筑灭火系统	82
第一节 消火栓给水系统	82
第二节 自动喷水灭火系统	110
第三节 气体灭火系统	152
第四节 泡沫灭火系统	175
第五节 干粉灭火系统	197
第五章 防烟、排烟系统	208
第一节 建筑火灾烟气的危害及其扩散路线	208
第二节 防烟、排烟设施的设置原则	211
第三节 自然排烟	213



II 目 录

第四节	机械加压送风防烟	216
第五节	机械排烟	220
第六节	防烟、排烟系统的典型应用	221
第六章	安全疏散与诱导系统	224
第一节	安全疏散及设施	224
第二节	防火分隔设施	235
第三节	火灾应急照明和疏散诱导系统	238
第七章	消防控制室	241
第一节	消防控制室的设置要求	241
第二节	消防控制室的控制功能	243
第三节	火灾应急广播、警报装置的设置及控制要求	254
第四节	消防通信系统、电梯回降的设置及控制要求	257
第八章	建筑消防设施使用、管理及维护	261
第一节	建筑消防设施的使用、管理及维护的有关规定	261
第二节	建筑消防设施的检查内容	262
第三节	建筑消防设施检查记录表的使用	265
附表 1	防烟、排烟设施检验报告	269
附表 2	火灾事故照明和疏散指示检验报告	271
附表 3	火灾自动报警及联动控制系统检验报告	273
附表 4	自动喷水灭火系统检验报告	281
附表 5	气体灭火系统检验报告	286
附表 6	消火栓给水系统检验报告	291
附表 7	防火分隔设施检验报告	295
参考文献		298

第一章



概 论

一部人类文明的进步史,就是人类的用火史;火,“善用之则为福,不善用之则为祸”。火给人类带来光明、文明和幸福,但是失去控制的火,就会危害人类,造成生命和财产损失,成为火灾。

有效监测建筑火灾、控制火灾、迅速扑灭火灾,保障人民生命和财产的安全,保障经济建设,是建筑消防系统的任务。建筑消防系统就是为完成上述任务而建立的一套完整、有效的体系。该体系就是在建筑物内部,按国家有关规范规定设置必需的火灾自动报警及消防设备联动控制系统、建筑灭火系统、防烟排烟系统等建筑消防设施。

第一节 建筑与火灾

一 火灾原因

建筑物起火的原因多种多样,主要可归纳为由于生活用火不慎引起火灾、生产活动中违规操作引发火灾、化学或生物化学的作用造成的可燃和易燃物自燃,以及因为用电不当造成的电气火灾等。其中,随着我国经济的飞速发展,人民生活水平日益提高,用电量剧增,电气火灾在建筑火灾中所占的比重越来越大。

电气火灾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,使导线绝缘物或沉积在电气设备上的粉尘自燃;短路的电弧使充油的设备爆炸;保险丝和开关的火花使易燃、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,由于管道接地不良,在管道出口处出现放电火花,使被输送的液体或气体燃着,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。带电火灾越来越普遍,这已经引起人们的普遍重视。目前,我国部分现行消防技术规范对此类火灾的控制与扑灭,也作了相应的要求。

在生产 and 生活中,因为使用明火不慎而引起火灾也是较多的,例如在公共场所乱丢烟头、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,违反安全用火规程也会造成火灾。这些火灾多数都是因为缺少消防常识、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附近的木结构;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燃;把化学性质相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,出现可燃气体和易燃、可燃液体跑、冒、滴、漏现象,一遇到明火便燃烧或爆炸;

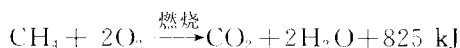
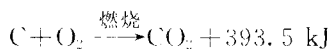


机械设备摩擦发热,使接触到的可燃物自燃起火等等都属暗火引起的火灾。除上述火灾原因以外,突发的地震、风灾、战争空袭等,都会因为人们急于疏散、逃避而来不及断电、熄火或来不及处理好易燃、易爆及其他化学危险品而引起火灾。



二 燃烧与火灾

燃烧是可燃物与氧化剂作用发生的一种放热发光的剧烈化学反应,在日常生活中所看到的燃烧现象,大多是可燃物质与空气(氧)或其他氧化剂进行剧烈化合而发生的放热发光现象,实际上燃烧不仅仅是化合反应,也有的是分解反应。从本质上讲,燃烧是剧烈的氧化还原反应,例如:



如果反应速率极快,因高温条件下产生的气体和周围气体共同膨胀作用,使反应能量直接转化为机械能,在压力释放的同时产生强光、热、声响,即为爆炸。爆炸是燃烧的剧烈表现形式。

所谓火灾,是指在时间或空间上失去控制的燃烧所造成的灾害。换句话说,凡是失去控制并对财物和人身造成损害的燃烧现象,都是火灾。根据火灾中燃烧物的特征,火灾划分为 A、B、C、D 四类。

A 类火灾:指固体物质火灾,一般在燃烧时能产生灼热的余烬。如木材、棉、毛、麻、纸张等火灾。

B 类火灾:指液体和可熔化的固体物质火灾。如汽油、煤油、柴油、原油、甲醇、沥青、石蜡等火灾。

C 类火灾:指气体火灾。如天然气、煤气、氢气、乙烷、氨气、丙烷等火灾。

D 类火灾:指金属火灾。如钾、钠、镁、铝等火灾。

按照一次火灾事故所造成的人员伤亡、受灾户数和直接财产损失大小,火灾又可划分为特大火灾、重大火灾和一般火灾三类。

为了防止建筑火灾的发生,必须坚决贯彻执行《消防法》,遵循“预防为主,防消结合”的方针,加强人们的消防安全意识,同时根据消防法规在建筑物内部建立与之相适应的建筑消防系统是十分必要的。



三 燃烧本质和条件

1. 燃烧本质

链式反应理论认为燃烧的本质是一种游离基的链式反应。链式反应也称为链锁反应。单质或化合物分子中的共价键在外部因素(如光、热)的作用下,裂解而成化学活性很强的原子或原子团——游离基(也称自由基)。如:



游离基具有活化能高、活性强、一般不能稳定存在的特点。不稳定的游离基通过自行结合成稳定分子,或与其他物质分子结合成新的游离基,自动循环发展产生链式反应,直至反应物裂解完毕为止。链式反应过程可分为下列三阶段:

(1) 链引发,即生成游离基,使链式反应开始。生成方法有光照、加热、射线照射、氧化还原

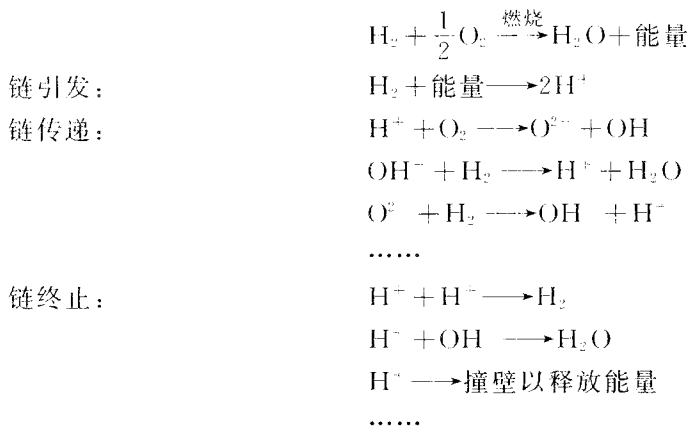


加入催化剂等。

(2) 链传递,链式反应主体。游离基作用于其他物质分子产生新的游离基的自动循环反复过程。

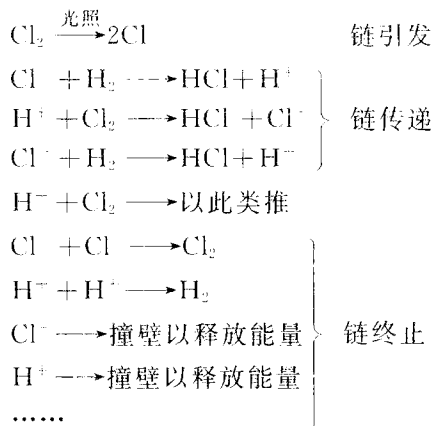
(3) 链终止,游离基消失,反应终止。

以氢在空气中燃烧为例:



链锁反应按传递方式的不同可分为不分支链锁反应(也称直链反应)和分支链锁反应(支链反应)。

不分支链锁反应(直链反应)是指在链传递中每消耗 1 个游离基的同时又生成一个新的游离基,直至链终止。稳定的燃烧可看成不分支链锁反应。例如,氯气和氢气作用生成氯化氢的反应机理,就是典型的不分支链锁反应。



上述反应过程中,链引发一旦形成就会使链传递、链终止瞬间自动循环进行。这种反应一直可持续到反应物消失或是链式断裂为止。当氯原子碰撞或氢原子碰撞并由这些原子生成分子时,或者是游离基同容器壁碰撞时,就可使链终止。

分支链锁反应(支链反应)是指一个游离基在链传递中同时产生两个或两个以上的游离基,游离基的数目在反应中是随时间增加的,因此反应速率是加速的,结果导致爆炸,如图 1-1 所示。

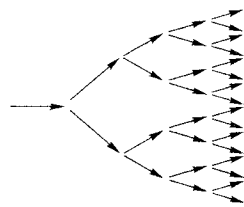


图 1-1 支链反应示意图

氢与氧的反应,即是一个典型的分支链锁反应。链锁反应理论是目前被广泛承认并且较为成熟的一种燃烧理论,揭示了有焰燃烧的本质。如果在有焰燃烧中,抑制游离基产生,链锁反应即行停止,则燃烧即行停止。对于有焰燃烧的灭火,为了使系统中自由基增长速度小于自由基销毁速度,可以采用以下措施:

(1) 降低自由基增长速度,即降温。这是因为自由基的形成和增长是分解反应,是典型的吸热反应。

(2) 增加自由基在固相器壁的销毁速度。为此,可增加容器壁面积与容器体积之比,即增加容器比表面积或者在着火系统中加入砂子、干粉灭火剂等惰性固体,以抑制链锁反应。

(3) 增加自由基在气相中的销毁速度。为此,可在着火系统中喷洒卤代烷灭火剂。它的灭火机理主要是捕捉燃烧过程中产生的自由基,中断链锁反应,所以灭火效率极高。但卤代烷对地球大气臭氧层具有破坏作用,我国已于1991年6月加入了《蒙特利尔议定书》(修正案)缔约国行列,并将逐年减少卤代烷灭火剂(哈龙灭火剂)的产量,直至2005年实现停止生产、消耗1211卤代烷灭火剂,2010年停止生产、消耗1301卤代烷灭火剂。关于卤代烷灭火剂的替代物——新型洁净气体灭火剂和相应的灭火系统的研究已经历了10年时间,洁净气体灭火剂既具备哈龙灭火剂所具有的高效、不污染被保护对象的特点,又不会破坏大气臭氧层,是极具发展潜力的新型灭火剂。

2. 燃烧条件

任何物质的燃烧并不是随便发生的,而是必须具备一定的条件。燃烧的发生和发展,一般必须具备以下三个必要条件,即可燃物、助燃物和点火源。人们通常以燃烧三角形(见图1-2)表示无焰燃烧的基本条件;而对有焰燃烧,因燃烧过程中存在未受抑制的链式反应,所以表示有焰燃烧应增加一个必要条件——链式反应,这样就形成了燃烧四面体,如图1-3所示。

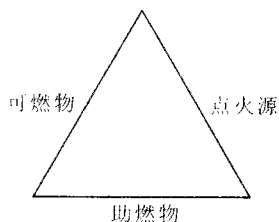


图 1-2 燃烧三角形

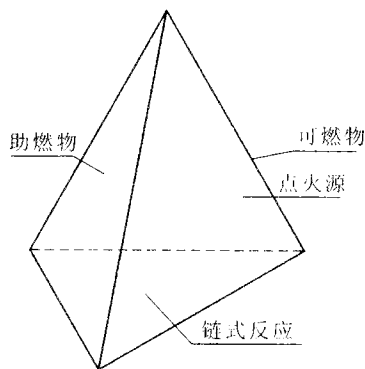


图 1-3 燃烧四面体

具备了燃烧的必要条件,并不等于燃烧必然发生。在各种必要条件中,还有一个“量”的概念,这就是发生燃烧或持续燃烧的充分条件。

(1) 一定浓度的可燃物

可燃物有固、液、气三种状态。可燃气体或蒸气只有达到一定浓度才会发生燃烧。例如,氢气在空气中的含量达到4%~75%之间就能着火甚至爆炸,但若氢气在空气中含量低于4%或高于75%时,则不会发生燃烧或爆炸。又如,车用汽油在-38℃以下,灯用煤油在4℃以下,甲醇在7℃以下时均不能达到燃烧所需的蒸气浓度,在这种条件下,虽有足够的氧气和明火,仍不能

发生燃烧。

(2) 一定比例的助燃物

要使可燃物质燃烧,助燃物的数量必须足够,否则燃烧就会减弱,甚至熄灭。测试表明,一般可燃物质在含氧量低于16%的条件下,就不能发生燃烧,这是因为助燃物浓度太低的缘故。因此,可燃物质燃烧都需要一个最低氧化剂浓度(即含氧量),低于此量燃烧就不会发生。部分物质燃烧所需要的最低含氧量,如表1-1所示。

表 1-1 部分物质燃烧所需最低含氧量

物质名称	含氧量/%	物质名称	含氧量/%
汽油	11.4	丙酮	13.0
煤油	15.0	氢气	5.9
乙醇	15.0	橡胶屑	13.0
乙醚	12.0	多量棉花	8.0
乙炔	3.7	蜡烛	16.0

(3) 一定能量的点火源

各种不同的可燃物发生燃烧,均有本身固定的最小点火能量要求,达到这一强度要求时才会引起燃烧反应,否则燃烧便不会发生,如汽油的最低点火能量为0.2 mJ。

(4) 不受抑制的链式反应

对于无焰燃烧,以上三个条件同时存在,相互作用,燃烧即会发生。对于有焰燃烧,除以上三个条件外,燃烧过程中存在未受抑制的游离基,形成链式反应,使燃烧能够持续下去,也是燃烧的充分条件之一。

四 燃烧类型

1. 闪燃

当液体温度较低时,由于蒸发速度很慢,液面上蒸气浓度达不到液体爆炸浓度极限下限。这时,蒸气与空气的混合气体遇到火源是点不着的,但随着可燃液体的温度升高,其液面上方蒸气浓度达到爆炸浓度极限下限时,可燃液体蒸气与空气的混合气体遇火即能闪出火花,但随即熄灭。

在低温条件下易燃、可燃液体蒸气与空气混合达到一定的浓度,遇明火点燃发生一闪即灭,不再继续燃烧的现象叫闪燃。出现闪燃的最低温度叫闪点。常见的几种易燃、可燃液体的闪点如表1-2所示。

表 1-2 几种易燃、可燃液体的闪点

液体名称	闪点/℃	液体名称	闪点/℃
石油醚	-50	吡啶	+20
汽油	-58~+10	丙酮	-20
二硫化碳	-45	苯	-14
乙醚	-45	醋酸乙酯	+1
氯化烷	-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是必要的。在国外,一般以闪点 60℃ 为标准,即把凡是闪点在 60℃ 以下的燃烧性液体划分为易燃液体。在国内,根据闪点可划分可燃性液体及其火灾危险性类别,见表 1-3。

表 1-3 按闪点划分液体及其火灾危险性类别

类 别		闪点/℃	举 例
甲类液体	易燃液体	<28	汽油、苯、乙醇、乙醚、酒精
乙类液体	可燃液体	≥28 至 <60	煤油、松节油、丁醇
丙类液体		≥60	柴油、硝基苯、重油、菜油

2. 着火

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气进行剧烈的化合,发光发热,即所谓物质的发焰燃烧或着火。固体用明火点燃,能发光燃烧的最低温度,就是该物质的燃点。几种可燃固体的燃点如表 1-4 所示。

表 1-4 几种可燃固体的燃点

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
麻线	150	橡胶	130

一切可燃液体燃点均大于闪点。如松节油,燃点 53℃,闪点为 35℃。一般说,易燃液体燃点比闪点高 1~5℃,且液体闪点越低,差别越小。由此可以看出,对低闪点可燃液体,应用闪点判断其火灾危险性,而对高闪点可燃液体和可燃固体,可用燃点判断其火灾危险性大小。

3. 自燃

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。而面对没有明火作用能自行发焰燃烧的现象,就不太熟悉了。然而它却是形成火灾的重要原因之一。例如,木材受热在 100℃ 以下时主要是蒸发水分,超过 100℃ 开始分解可燃气体,并随之自身放出少量的热;温度达到 260~270℃,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,即自燃点。靠近炉灶、烟囱或其他热源的木结构建筑物,在通风散热条件不好的条件下,天长日久能够自燃就是这个原因。

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,内部发酵、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气的作用,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。

4. 爆炸

物质发生急剧氧化或分解反应,使其温度、压力增加或使两者同时增加的现象称为爆炸。爆炸最重要的一个特点就是爆炸点附近发生剧烈的压力突增的变化。爆炸物瞬间以机械功的形式释放出巨大能量,产生或释放出高压气体在瞬间剧烈膨胀,引起爆炸。

按爆炸过程的性质,爆炸通常分为核爆炸、物理爆炸和化学爆炸。

由于原子核裂变(如 U^{235} 的裂变)或聚变(氘、氚、锂的聚变)反应,释放出核能所形成的爆炸,叫做核爆炸。原子弹、氢弹的爆炸,就属于核爆炸。实际上核爆炸也属于化学爆炸的范畴,只不过是一种特例而已。

物理爆炸的特点是爆炸前后物质的化学成分不变,由于液体变化成蒸气或者气体迅速膨胀,压力急剧增加并大大超过容器耐压极限而发生的爆炸。如蒸气锅炉、液化气钢瓶等的爆炸。

化学爆炸是因物质本身起化学反应,产生大量气体和高温而引起的爆炸。如炸药的爆炸、氢气在空气中的爆炸等。化学爆炸,按照爆炸的变化速度,它又可分为爆燃、爆炸、爆轰(又称爆震)三种。

爆燃(又称轻爆)是以亚音速传播的爆炸,传播速率为每秒数十米至百米。爆燃的特征是压力增加速度相对平缓,无爆炸声响,破坏力小。例如,可燃气体爆炸混合物在接近爆炸浓度极限的下限或上限时的爆炸属爆燃。

爆炸是以音速传播的爆炸,其爆炸传播速率为每秒百米至千米。爆炸的特征是压力在爆炸点急剧增加,爆炸时会发出震耳的响声,破坏力大。如被压榨的火药受摩擦或遇火源引起的爆炸。

爆轰(爆震)是一种以超音速传播的爆炸,爆炸时形成强烈的冲击波,其爆轰速率可达每秒数千米。爆轰的特征是具备了相应的条件之后突然发生的(时间在 $10^{-5}\sim 10^{-6}$ s之间),同时产生高速($2\,000\sim 3\,000$ m/s)、高温($1\,300\sim 3\,000$ °C)、高压($10^4\sim 4\times 10^4$ MPa)、高能($2\,930\sim 6\,279$ kJ/kg)、高冲击力(破坏力)的冲击波。这种冲击波能远离爆震发源地而独立存在,并能引起位于一定距离处、与其没有联系的其他爆炸性气体混合物或炸药的爆炸,从而产生一种“殉爆”现象。所以,爆轰具有很大的破坏力。

第二节 建筑火灾的发展和蔓延

燃烧现象的实质是温度达到可燃物燃点后发生的持续性燃烧。因此,火灾的发生和发展、蔓延,关键在于热量的传递。传热学表明,热量一般以传导、对流和辐射三种途径传播。这三种传播途径在火灾现场一般均同时存在,但以何种传播途径为主,决定于火灾现场温度。温度越高,辐射传热占的比重越大。所以,灭火的实质也可理解为切断火场上热量传播的途径。下面以室内建筑火灾为例介绍建筑火灾的发展和蔓延。



室内建筑火灾的发展

建筑火灾一般是最初发生在建筑内某个房间或局部区域,然后由此蔓延到相邻房间或区域,以至整个楼层,最后蔓延到整个建筑物。在此仅介绍耐火建筑中具有代表性的一个房间内的火灾发展情况。



室内火灾的发展过程可以用室内烟气的平均温度随时间的变化来描述,如图 1-4 所示。根据室内火灾温度随时间的变化特点,可以将火灾发展过程分为三个阶段,即火灾初起阶段(OA 段)、火灾全面发展阶段(AC 段)、火灾熄灭阶段(C 点以后)。

1. 初起阶段

第一阶段是火灾初起阶段,这时的燃烧是局部的,火势不够稳定,室内平均温度不高,燃烧有中断的可能。根据这一特点,应该设法争取及早发现火情,把火及时控制和消灭在起火点。为此,就要安装和配置适当数量的探测灭火设备,创造及时发现和报警的条件。为了限制火势的发展,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方设置排烟窗。这样起火后,炽热的火焰或烟气可由上部排除,燃烧面积便不能扩大,火灾发展蔓延的危险性降低了。

2. 全面发展阶段

火灾初起阶段后期,火灾范围迅速扩大,当火灾房间温度达到一定值时,聚集在房间内的可燃物释放出的气体突然起火,整个房间都充满了火焰,房间内所有可燃物表面部分都卷入火灾之中,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的这种现象通常称为轰燃。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。火灾发展到这一阶段,室内的物体都在猛烈燃烧,此阶段的延续时间与起火原因无关,而主要取决于燃烧物的数量和通风条件。轰燃发生后,房间内所有可燃物都在猛烈燃烧,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 $1\ 100\ ^\circ\text{C}$ 左右。火焰、高温烟气从房间的开口部位大量喷出,使火灾蔓延到建筑物的其他部分。室内高温还对建筑物构件产生热作用,使建筑物构件的承载能力下降,甚至造成建筑物局部或整体倒塌破坏。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构件,使它在猛烈的火焰作用下,保持应有的强度,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,以便于修复和继续使用。

3. 熄灭阶段

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。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,直到把房间内的全部可燃物烧尽,室内外温度趋于一致,即告火灾结束。

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。

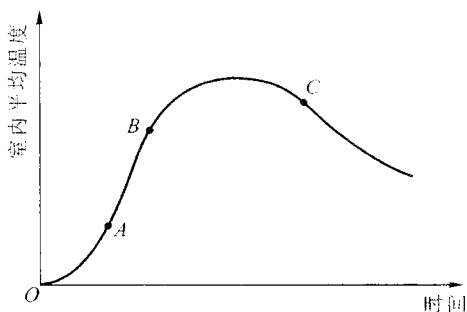


图 1-4 室内火灾温度-时间曲线



二 室内建筑火灾的蔓延

火灾蔓延是通过热的传播进行的。在起火的建筑物内,火由起火房间转移到其他房间的过



程,主要是靠可燃构件的直接燃烧、热的传导、热辐射和热的对流进行的。

热传导,即热量从物体内温度较高的部分传递到温度较低的部分或传递到与之接触的温度较低的另一物体的过程。例如,水暖工在顶棚下面用喷灯烘烤由闷顶内穿出来的钢制暖气管道,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,还可能把衣服烤着。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烤着燃烧,这就是热辐射的作用。

热对流,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。烟从起火房间的窗口排到室外,或经内门涌向走道,窜到其他房间,并通过楼梯间向上涌到楼顶。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(见图1-5)。

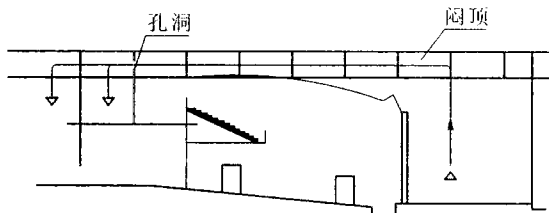


图1-5 剧场火势蔓延途径

图中:△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,也是灭火过程中采取“截堵包围、穿插分隔”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. 火灾在水平方向的蔓延

(1) 未设防火分区导致火灾向水平方向蔓延

对于主体为耐火结构的建筑来说,造成水平蔓延的主要原因之一是建筑物内未设水平防火分区,没有防火墙及相应的防火门等形成控制火灾的区域空间。

(2) 火灾通过洞、孔蔓延

对于耐火建筑来说,火灾水平蔓延的另一种途径是洞口的分隔处理不完善。如户门为可燃的木质门,火灾时被烧穿;普通防火卷帘无水幕保护,导致卷帘被熔化;管道穿孔处未用不可燃材料封堵等等。

此外,防火卷帘和防火门受热后变形很大,一般凸向加热一侧。普通防火卷帘在火焰的作用下,其背火面的温度很高,如果无水幕保护,其背火面将会产生强烈热辐射,在背火面堆放的可燃物或卷帘与可燃构件、可燃装修材料接触时,就会导致火灾蔓延。

(3) 火灾在吊顶内部空间蔓延

目前,有些框架结构的高层建筑为大通间,在出售或出租给用户后,由用户根据需要自行分隔、装修。有不少装设吊顶的高层建筑,其房间与房间、房间与走廊之间的分隔墙只做到吊顶底部,吊顶的上部仍为连通空间,一旦起火极易在吊顶内部蔓延,且难以及时发现,导致灾情扩大;



在没有设吊顶时,隔墙如不砌至结构底部,留有孔洞或连通空间,也会成为火灾蔓延和烟气扩散的途径。

(4) 火灾通过可燃的隔墙、吊顶、地毯等蔓延

可燃构件和装饰物在火灾发生时直接成为火灾荷载^①,由于它们的燃烧而导致火灾蔓延。

2. 火灾在竖直方向上的蔓延

在现代建筑物内,有大量的电梯、楼梯、设备、垃圾等竖井,这些竖井往往贯穿整个建筑,若未作周密完善的防火设计,一旦发生火灾,就可以蔓延到建筑物的任意一层。

(1) 火灾通过楼梯间蔓延

高层建筑的楼梯间,若在设计阶段未按防火、防烟要求设计,则在火灾时犹如烟囱一般,烟火很快会由此向上蔓延。有些高层建筑虽设有封闭楼梯间,但起封闭作用的门未采用防火门,发生火灾后,不能有效地阻止烟火进入楼梯间,以致形成火灾蔓延通道,甚至造成重大人员伤亡。

(2) 火灾通过电梯井蔓延

电梯间未设防烟前室及防火门分隔,将会形成一座座竖向烟囱。在现代商业大厦及交通枢纽、航空港等人流集散量大的建筑物内,一般以自动扶梯替代电梯。自动扶梯所形成的竖向连通空间也是火灾蔓延的主要途径。

(3) 火灾通过其他竖井蔓延

建筑中的通风竖井、管道井、电缆井、垃圾井也是高层建筑火灾蔓延的主要途径。

3. 火灾通过空调系统管道蔓延

高层建筑空调系统未按规定设防火阀、采用不可燃的风管、采用不可燃或难燃烧材料做保温层,发生火灾时会造成严重损失。通风管道使火灾蔓延一般有两种方式,第一种方式为通风管道本身起火并向连通的水平和竖向空间(房间、吊顶内部、机房等)蔓延,第二种方式为通风管道吸进火灾房间的烟气,并在远离火场的其他空间再喷冒出来,后一种方式更加危险。因此,在通风管道穿越防火分区之处,一定要设置具有自动关闭功能的防火阀门。

4. 火灾由窗口蔓延

在现代建筑中,从起火房间窗口喷出的烟气和火焰,往往会沿窗槛墙及上层窗口向上窜越,烧毁上层窗户,引燃房间内的可燃物,使火灾蔓延到上部楼层。另外,火灾也有通过窗间墙向水平相邻房间蔓延的可能性。

即使装设防火卷帘或防火门,但发生火灾时能自动关闭的比较少。这是因为卷帘箱的开口、导轨以及卷帘下部因受热而发生变形,无法靠自重落下。如果在卷帘下面堆放了物品,卷帘将无法放到底,导致火灾水平蔓延。对于防火门来说,在建筑物正常使用的情况下,门是开着的,一旦发生火灾,不能及时关闭也将造成火灾水平蔓延。

第三节 建筑消防系统

发生在建筑物内部的火灾占据了火灾总量的大部分。建筑消防系统就是要为建筑物的火灾预防和扑灭建立一套完整、有效的体系,以提高建筑物的安全水平。

^① 火灾荷载即火灾负荷(可燃物数量),单位为 kg/m^2 。