

高等学校规划教材

建筑安全防火设计

蒙慧玲 主 编
周 健 副主编
牟秀泉 主 审

中国建筑工业出版社



高等学校规划教材

建筑安全防火设计

蒙慧玲 主 编

周 健 副主编

牟秀泉 主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑安全防火设计/蒙慧玲主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017.11

高等学校规划教材

ISBN 978-7-112-21340-5

I. ①建… II. ①蒙… III. ①建筑设计-防火-高等学校-教材 IV. ①TU892

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第252975号

建筑安全防火设计是建筑学和城乡规划专业的基础专业课程,是建筑师、规划师必备的知识技能。随着我国对建筑安全防火的重视程度和监管力度的加大,以及国家注册消防工程师制度的推进,建筑安全防火设计课程在建筑学专业、城乡规划专业的本科教学以及备考注册消防工程师的培训中发挥着重要的作用。设计、建造防火安全的建筑物是建筑师、城乡规划师以及相关执业人员的职业责任 and 法律责任。《建筑安全防火设计》是培养未来建筑师、规划师、消防工程师的兼具创新性和实用性的教材。

本书内容主要包括建筑安全防火设计基础、建筑耐火设计、建筑总平面和建筑平面防火设计、安全疏散和避难设计、地下空间防火设计、建筑装修防火设计、建筑防排烟设计、建筑灭火设备设施、火灾自动报警系统和消防供配电。

本书的资料一方面来源于现行各类各专业的消防安全和防火设计规范,另一方面来源于消防工程学最新科研成果及相关工程实践经验总结。

本书可作为建筑学、城乡规划、室内设计、环境艺术等专业的教材,也可作为安全工程学、消防工程学等专业的教学参考书,同时还可供防火审查部门、工程设计相关的专业人员学习参考。

如需本书课件请与责编联系: 524633479@qq.com。

责任编辑: 张健 陈桦 杜洁 王磊

责任校对: 李欣慰 关健

高等学校规划教材

建筑安全防火设计

蒙慧玲 主编

周健 副主编

牟秀泉 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 17 字数: 375千字

2018年1月第一版 2018年1月第一次印刷

定价: 36.00元(赠课件)

ISBN 978-7-112-21340-5

(31025)

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)

前 言

建筑安全防火设计是建筑学专业和城乡规划专业本科教学的基础学科之一，也是建筑设计的重要组成部分。

编写这本教材是在对现行规范充分理解和掌握的基础上，结合建筑学专业课程设计及建筑设计的需要，对教材的内容和结构进行有机编排的，理论结合实际，规范结合解释，便于学习和理解。

本书由河南大学蒙慧玲任主编、同济大学周健任副主编。各章执笔：河南大学蒙慧玲编写第1章、第3章、第5章、第8章、第9章，同济大学周健编写第4章、第6章，河南大学司丽霞编写第2章、吴卫华编写第7章，开封市消防支队常保卫编写第10章，北京天恒工程建设工程有限公司韩艳波编写第11章。全书由蒙慧玲统稿，由山西省建筑设计研究院教授级高级工程师、国家一级注册建筑师、国家注册城市规划师牟秀泉主审。

本书编写的目的是为了教学需要，在编写过程中参阅了大量的相关教材、专业书籍及期刊文献等资料，在此谨向被引用的作者表示衷心感谢！在编写过程中，河南大学研究生张小丽、徐翔，本科生宗慧宁、于菲等同学为本书的编写做了很多工作，在此一并表示感谢。

由于作者学识有限，书中难免存在一些遗漏和不足之处，恳请使用本书的读者和有关专家提出宝贵意见和建议，以利于今后的充实和提高。

目 录

第1章 建筑安全防火设计基础	1
1.1 火灾及其危害	1
1.2 火灾的发展及蔓延的机理与途径	7
1.3 建筑安全防火设计基本概念	18
复习思考题	24
第2章 建筑分类与耐火设计	25
2.1 建筑分类	25
2.2 建筑构件的燃烧性能和耐火极限	27
2.3 建筑耐火等级	30
2.4 混凝土构件的耐火性能	35
2.5 钢结构耐火设计	39
复习思考题	45
第3章 建筑总平面防火设计	46
3.1 建筑防火总平面布局	46
3.2 建筑的防火间距	47
3.3 消防车道与救援场地	58
复习思考题	64
第4章 建筑平面防火设计	65
4.1 建筑平面防火布置	65
4.2 防火分区	73
4.3 防火分隔设施与措施	78
4.4 功能区域防火设计	86
4.5 防烟分区	93
复习思考题	94
第5章 安全疏散和避难设计	95
5.1 安全疏散概述	95
5.2 安全出口与疏散出口	99
5.3 安全疏散距离	111
5.4 疏散设施	117
5.5 逃生疏散辅助设施	126
5.6 消防电梯	131
复习思考题	133
第6章 地下空间防火设计	134

6.1 地下空间的火灾特点	134
6.2 地下空间的防火设计	137
复习思考题	150
第7章 建筑装修防火设计	152
7.1 建筑室内装修防火设计	152
7.2 建筑装修防火标准	158
7.3 建筑保温和外墙装饰防火构造	164
复习思考题	168
第8章 建筑防烟排烟设计	169
8.1 火灾烟气的产生与性质	169
8.2 建筑防烟与排烟	174
8.3 自然通风与自然排烟	177
8.4 机械加压送风系统	182
8.5 机械排烟系统	188
复习思考题	196
第9章 建筑灭火设备设施	197
9.1 建筑灭火器配置	197
9.2 室内外消防给水系统	205
9.3 自动喷水灭火系统	217
9.4 气体灭火系统	224
9.5 泡沫灭火系统	228
9.6 干粉灭火系统	230
复习思考题	232
第10章 火灾自动报警系统	233
10.1 系统构成及工作原理	233
10.2 火灾自动报警系统设计	239
10.3 火灾探测器的选择与设计	245
复习思考题	253
第11章 消防供配电	254
11.1 消防电源及负荷等级	254
11.2 消防电源供配电系统	258
复习思考题	261
参考文献	262

第1章 建筑安全防火设计基础

1.1 火灾及其危害

自人类的祖先学会并利用火以来,火成为人类赖以生存和发展必不可少的一种自然力。火增强了人类的生存能力和生活质量,促进了人类文明进步和社会发展。随着人类社会生产力不断进步和生活、生产的现代化程度不断提高,火的使用范围和领域在不断扩大、用火技术在不断提高、火的使用方法和操作手段也越来越简单易行。从生活起居到航天航空,从制衣炼铁到造飞机导弹,火在国民经济和社会发展中起着非常重要的作用。从人类生存和发展的角度上说,人类一天也离不开火,没有火的正确使用也就没有人类文明的发展和社会的进步。

凡事都具有两面性,火的使用在一定程度上也有其巨大的破坏性和潜在的危险性。若对火的使用不当或失去控制将会产生严重的负面影响,也就是说当火在具备燃烧条件的空间自由发展,就会四处蔓延,给人类的生活、生产乃至生命安全带来破坏性甚至毁灭性的伤害,这就是自然和人类社会的一种主要灾害——火灾。

火灾是常发性灾害中发生频率较高的灾害之一。根据国家标准,火灾是指在时间或空间上失去控制的燃烧。

火灾会吞噬人类多年的创造成果和财富积累,火灾会使千百年的树木、广袤的植被顷刻间化为乌有,火灾使大量珍贵的文物资料、古建筑、古籍等珍奇异宝毁于一旦,火灾会无情夺取人的生命,给人的生命安全和身心健康造成难以恢复的痛苦和伤害。

1.1.1 火灾危害及其原因

1. 火灾的危害

火灾会给人类和社会带来很多危害,主要表现在以下几个方面:

(1) 危害生命安全

建筑火灾会对人的生命安全构成严重威胁。一场大火会造成几人甚至几百人丧失生命。例如,2015年8月12日,位于天津市滨海新区天津港的瑞海国际物流有限公司危险品仓库发生火灾爆炸事故,共计造成165人遇难,8人失踪,798人受伤。

建筑火灾对人员生命的威胁主要来自以下几个方面:

一是可燃的建筑材料。可燃材料燃烧时产生并释放出大量的高温烟气和火焰,火场中的高温、高热对人的身体和肌肤,尤其对呼吸道系统会造成严重的灼伤,

严重者会致人休克甚至死亡。根据火灾统计数据,火灾中因燃烧热造成人员死亡的人数约占整个火灾中死亡人数的20%左右。

二是建筑内可燃材料燃烧所产生的一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)、氰化氢(HCN)等有毒有害气体。火灾时,吸入这些烟气会使人在短时间内产生头痛、恶心,造成呼吸道阻塞窒息和神经系统功能紊乱等症状,威胁生命安全甚至导致直接死亡。在所有火灾中,约有80%的人死于火灾烟气。

三是在建筑火灾发展的充分燃烧阶段,建筑构件达到了耐火极限,导致建筑整体或局部坍塌,造成的人员伤亡。

(2) 造成经济损失

火灾造成的经济损失主要以建筑火灾损失为主,主要体现在以下几个方面:

首先,火灾烧毁建筑物内的财物,破坏设备设施,甚至会因火势蔓延使整幢建筑物整体毁坏或化为灰烬。例如,2015年3月4日,昆明市官渡区彩云南路东盟联丰农产品商贸中心发生一起火灾,现场过火面积3300余平方米,50余间商铺被烧毁,火灾造成9人死亡,10人受伤,直接经济损失超过850万元。

其次,建筑火灾产生的高温高热,将造成建筑结构的破坏,严重的会引起建筑物的整体倒塌。例如,2015年1月2日,位于黑龙江省哈尔滨市道外区太古头道街的北方南勋陶瓷大市场的三层仓库起火,过火面积1.1万平方米。发生火灾的仓库位于一栋层数为11层的居民楼内,其中1~3层为仓库,4~11层为居民楼。在该起火灾扑救的过程中,起火建筑多次坍塌,坍塌面积3000平方米,造成5名消防员遇难、14人受伤,直接经济损失5913万元。

第三,扑救建筑火灾所用的水、干粉、泡沫等灭火剂所带来的资源浪费和财物损失。使用灭火剂不仅本身是一种资源损耗,而且灭火之后将使建筑物内的财物和设备遭受到水渍、污染等的侵蚀而遭受损失或遭到损坏。

第四,巨大的间接经济损失。建筑物发生火灾后,因后期的修建或重建、人员的善后安置、生产经营停业等,在一定程度和范围内也会造成很大的间接损失。

(3) 破坏文明成果

一些历史保护建筑、文化遗址一旦发生火灾,除了会造成人员伤亡和财产损失,大量文物、典籍、古建筑等稀世珍宝将面临被烧毁的威胁。由于古建筑物不具有再生性,因此造成的损失无法挽回。如1985年4月坐落在甘南高原上的拉卜楞寺大经堂发生火灾,连同正在展出的1000多件珍贵文物,被无情大火毁于一旦。国际上,如2008年2月10日韩国首尔标志性建筑、具有600多年的一号国宝崇礼门(也叫南大门)被人纵火,城门楼阁被大火焚烧殆尽,木质建筑构架整体坍塌,整个南大门烧得只剩下四根大柱子,大火焚毁了95%的瓦片。

(4) 影响社会稳定

当重要的公共建筑、人群密集的建筑物发生火灾时,会在很大范围内甚至国际范围内引起关注,并造成一定程度的负面效应,影响社会的稳定。如2015年8月12日,天津港瑞海公司危险品仓库特别重大火灾爆炸事故。此次事故造成165人遇难、8人失踪、798人受伤住院治疗,304幢建筑物、12428辆商品汽车、7533个集装箱受损。事故共造成直接经济损失人民币68.66亿元。由于

此起火灾爆炸事故原因复杂，还涉及严重的违法行为：无视安全生产主体责任，严重违反天津市城市总体规划和滨海新区控制性详细规划，违法建设危险货物堆场，违法经营、违规储存危险货物；弄虚作假、违法违规进行安全审查、评价和验收，提供虚假证明文件等违法行为。同时，又存在安全管理极其混乱，安全隐患长期存在等问题。因此，火灾事故的认定及责任追究受到了广泛的社会关注，造成了很大的社会影响。

从许多火灾案例可以看出，当学校、宾馆、医院、办公楼等公共场所发生群死群伤的火灾事故，或者涉及粮食、能源、资源等国计民生的重要工业建筑发生火灾时，还会对民众造成很大的心理恐慌。家庭是社会的细胞，居民家庭遭遇火灾，群众的利益遭受损害，也将在一定范围内造成负面影响，影响民众的安全感，对社会的和谐和稳定造成一定的威胁。

(5) 破坏生态环境

火灾造成的危害不仅表现在毁坏财物、给人的生命造成伤害，而且还会破坏生态环境。如，2015年7月26日，中国石油庆阳石化公司（即甘肃庆阳石化）常压装置渣油换热器发生泄漏着火，事故共造成3人死亡，4人烫伤。甘肃庆阳石化主要以石油炼制、石油助剂和石油化工为主，主要产品有汽油、煤油、柴油、石油液化气、聚丙烯、MTBE（甲基叔丁基醚）、活性炭以及甘草酸系列产品等。这些物质流散会对该区域的水土造成很大的污染，破坏区域内的生态环境。同样，森林火灾的发生，还会使大量的动植物遭遇灭绝，生态的破坏会再次引起环境的恶化从而导致洪涝灾害或干旱少雨多风沙等气候异常，甚至引发饥荒和疾病的流行，对人类的生存安全和健康发展造成严重的威胁。

2. 火灾及其原因

从本质上说，火是燃烧反应的一种形式，是可燃物与氧化剂之间发生的一种化学反应，在燃烧过程中通常会发出大量的热，有些燃烧还伴有火焰、发光和发烟现象。燃烧过程中燃烧区的温度较高，使其中白炽的固体粒子和某些不稳定（或受激发）的中间物质分子内电子发生能级跃迁，从而发出各种波长的光。发光的气相燃烧区就是火焰，它是燃烧过程中最明显的标志。由于燃烧不完全等原因，会使产物中产生一些小颗粒，这样就形成了烟。

燃烧可分为有焰燃烧和无焰燃烧。通常看到的明火都是有焰燃烧，但有些固体发生表面燃烧时，有发光发热的现象，但并没有火焰产生，这种燃烧方式为无焰燃烧。着火是可燃物发生燃烧的起始阶段。对于火灾防治来说，研究着火过程对防止起火具有非常重要的意义。燃烧的发生和发展，必须具备三个必要条件，即可燃物、助燃物（氧化剂）、引火源（温度）。



图 1-1 着火三角形

若有一个条件不具备，那么燃烧就不会发生（如图 1-1 所示）。

通常来说，可燃物和氧化剂是经常存在的，使它们开始相互反应，关键在于提供足够的温度；可燃物与氧化剂之间的氧化反应不是直接进行的，而是经过在高温中生成的活性基团和原子等中间物质，通过连锁反应进行的。如果消除活性

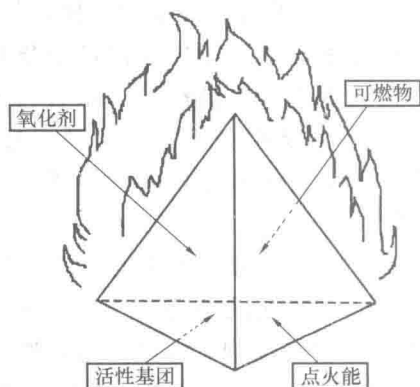


图 1-2 燃烧的条件

基团，链反应中断，连续的燃烧过程就会停止，燃烧的 4 个条件间的关系如图 1-2 所示。凡是具备燃烧条件的地方，如果用火不当，或者由于其他原因，造成了燃烧区域不受限制地向外扩展，或者在人们根本不希望燃烧的时间或空间内发生了燃烧，就会造成不必要的损失和破坏。

火灾是灾害的一种。导致火灾的发生既有自然因素，又有许多人为因素。分析起火原因，了解火灾发生的特点，是有效控火、防止和减少火灾危害的前提。综合近年来我

国建筑火灾统计数据 and 火灾形势看，火灾的发生有着深刻的主观和客观上的原因，归纳起来主要表现在以下几个方面：

（1）电气引发火灾

据有关资料显示，在全国的火灾统计中，由各种诱因引发的电气火灾一直居于各类火灾原因的首位，每年都在 10 万起以上，占全年火灾总数的 30% 左右。

电气火灾的成因主要表现在：接头接触不良导致电阻增大，发热起火；可燃油浸变压器油温过高导致起火；高压开关的油断路器中，由于油量过高或过低引起爆炸起火；熔断器熔体熔断时产生电火花，引燃周围可燃物；使用电加热装置时，不慎放入高温易爆物品导致爆炸起火；机械撞击损坏线路，导致漏电起火；设备过载导致线路温度升高，在线路散热条件不好时，经过长时间的热量集聚，导致电缆起火或引燃周围可燃物；照明灯具的内部漏电或发热引起燃烧，或引燃周围可燃物等。例如，2012 年 4 月 9 日发生在东莞建晖纸厂的一起特大火灾。相关资料表明，这起火灾是近年来广东省规模最大、也是扑救难度最大、耗时最长的一次火灾。造成此起火灾的原因是用电负荷过载，致使地下电缆发生爆炸，引燃两个仓库的印刷用纸。

2016 年全国共接报火灾 31.2 万起，其中因违反电气安装使用规定等引发的火灾占火灾总数的 30.4%。

（2）用火不慎

生活用火不慎主要是指城乡居民家庭生活用火不慎。例如，炊事用燃气灶具、器具等安装不当或不按安全技术规程的要求使用而引发的火灾事故。

生产、生活用火不慎引发的火灾主要表现为：用易燃液体引火或灶前堆放柴草过多，引燃其他可燃物；用液化气、煤气等气体燃料时，因各种原因造成气体泄漏，在房间内形成可燃性混合气体，遇明火发生爆炸起火；家庭炒菜炸食品，油锅过热起火；未完全熄灭的燃料灰随意倾倒，引燃其他可燃物；夏季驱蚊，蚊香摆放不当或点生烟时无人看管；停电时使用明火照明，不慎靠近可燃物，引起火灾；烟囱积油高温起火。例如，2016 年 5 月 21 日，大连市长兴岛经济开发区三堂村三堂街 292 号发生火灾，位于一家商店二楼的补习班着火，造成三名六年级学生死亡。起火部位为“小博士”商店一楼东侧的厨房，起火原因为商店经营业

主使用电炒锅加热至油温过高着火后,因处置不当,致使带火的高温油洒落,引燃周围可燃物继而引发火灾。

2016年因生活、生产用火不慎引发的火灾占到全国火灾总数的17.5%。

(3) 吸烟

因乱扔烟蒂、无意间落下的烟灰以及忘记熄灭烟蒂和点燃烟后未熄灭的火柴梗等引起可燃物燃烧进而引发的火灾事故,在建筑火灾中占有相当大的比重。

由香烟引起的火灾,主要以引燃固体可燃物,尤其是引燃床上用品、衣服织物、室内装潢、家具摆设等居多。据有关试验,烧着的烟头温度范围从 288°C (不吸时香烟表面的温度)到 732°C (吸烟时香烟中心的温度)。一支香烟停放在一个平面上可连续点燃24min。炽热的香烟温度从理论上讲足以引起大多数可燃固体以及可燃液体、气体的燃烧。

公安部消防局的统计数据显示:2015年1月至11月,全国共发生火灾16392起,平均每10起火灾中就有1起由烟头引起。2016年全国因吸烟引发的火灾占到了火灾总数的5.2%。

(4) 生产作业不慎

因违反生产安全制度引起的火灾,主要表现为: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;在用气焊焊接和切割时,飞进出的大量火星和熔渣,因未采取有效的防火措施,引燃周围可燃物;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,使机器该部位摩擦发热,引起附着物起火;化工生产设备失修,出现可燃气体,以及易燃、可燃液体跑、冒、滴、漏,遇到明火燃烧或爆炸等。

生产作业不慎引发的火灾案例如:2016年10月16日,位于南海区桂城平西工业区的佛山市南海区佛胜鞋厂发生较大火灾事故,造成4人死亡。经查实,佛胜鞋厂消防安全主体责任不落实,内部安全管理混乱,喷漆房多时不清理,到处油垢,物品随意放置,导致水帘喷漆柜照明线路短路喷溅的熔珠引燃油垢等可燃物起火。2016年上半年全国火灾统计数据表明,生产作业不慎引发的火灾占全国上半年火灾总数的2.6%。

(5) 玩火

玩火也是引发火灾的一个主要原因之一。尤其是未成年人因缺乏看管,玩火取乐;燃放烟花爆竹也属于玩火的范畴。我国每年因儿童玩火引发的火灾事故呈逐年上升趋势,据2004年国家统计局和公安部消防局的一项联合调查显示,近四成的中小学校没有进行过消防安全教育,有30%的学生对火灾危害性缺乏认识,40%的学生有玩火经历。例如,2016年2月18日14时许发生在内蒙古呼和浩特市沙尔沁镇牌楼板的火灾,就是因5名儿童在玉米秸秆堆放处玩火引发的。此次火灾共造成3名儿童死亡。2016年上半年全国火灾统计数据表明,因玩火引发的火灾占到了全国上半年火灾总数的4.1%。

(6) 纵火

纵火主要是指以人为放火的方式引发的火灾,纵火造成的人员伤亡仅次于用火不慎。纵火通常为当事人经过一定的策划和准备,因而往往缺乏初期救助,火

灾发展迅速,后果严重。根据火灾燃烧学的基本原理,只要同时满足物质燃烧的三要素,即引火源、可燃物和助燃剂就会发生燃烧。如果建筑布局不合理,建筑材料选用不当,对火种或易燃易爆危险物品控制不力,都有可能构成引发人为纵火的事件。

(7) 气象等自然因素引起的火灾

因大风、降水、高温以及雷电等气象条件的变化而引发的火灾事故在全年火灾事故中也占有一定的比例。

1) 雷击

雷电导致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热效应、机械效应作用等;二是雷电产生静电感应作用和电磁感应作用;三是高电位电波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,便有可能发生雷击起火。

2) 自燃

自燃是指在没有明火的情况下,物质受空气氧化或外界温度、湿度的影响,经过长时间的发热和蓄热,逐渐达到自燃点而发生燃烧的现象。如大量积压在库房里的油纸、油布、漆布、油绸及其制品等,若通风条件差,内部积热不易散失,很容易发生自燃。高温也能引发自燃。对于存在自燃起火危险的物品,高温环境有利于其自然氧化,从而引起燃烧;在高温环境下长期堆放散热不畅而造成的受热也会自燃起火。

3) 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;输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,致使大量静电荷积聚,产生火花,引起爆炸起火;在大量有爆炸性混合气体存在的地点,身上穿的化纤织物、鞋等与地面摩擦产生的静电能够引起爆炸性混合气体的爆炸等。

燃油特别是航空煤油在受冲击时最容易产生静电,蒸气或气体在管道内高速流动或由阀门、缝隙高速喷出时可产生气体静电,飞机库内维修人员穿的高电阻的鞋靴、衣服因摩擦会产生人体静电,另外液体和固体摩擦也会产生静电。

4) 大风、降水及地震

大风是影响火灾发生的重要因素。大风引发火灾主要表现在,大风可能吹倒建筑物、刮倒电线杆或者吹断树木、电线等,引起燃烧,而且还可以作为火的媒介,将某处的飞火吹落至别处,导致燃烧扩大或产生新的火源,引发新的火灾。降水引发的火灾主要表现在,由于降水增大了空气湿度,使自燃物质的湿度增大,加速了自燃物质的氧化而引起燃烧;降雨量增大,尤其是出现暴雨的时候,由于降水具有突发性、来势猛、强度大及局地性强等特点,往往会在短时间内积聚大量的雨水,如果排水不畅,则可能造成局部积水或形成局部洪涝,使电气线路和设备短路,引起火灾。发生地震时,由于急于疏散,人们往往来不及切断电源、熄灭火源以及处理好易燃、易爆生产装置和危险物品,因而引发火灾事故。

1.1.2 火灾的分类

根据火灾发生的场合和燃烧对象,火灾可分为森林火灾、草原火灾、建筑火灾、交通工具火灾、矿山火灾、石油化工火灾等。建筑火灾根据不同的需要,可以按不同的方式进行分类。

1. 根据燃烧对象的性质

按照《火灾分类》GB/T 4986—2008 的规定,火灾分为 A、B、C、D、E、F 六类。

A 类火灾: 固体物质火灾。这种物质通常具有有机物质性质,一般在燃烧时能产生灼热的余烬。例如,化学、人造纤维及其织物,纸张,棉、毛、丝、麻及其织物,天然橡胶及其制品等火灾。

B 类火灾: 液体或可熔化固体物质火灾。例如,汽油、煤油、机油、溶剂油、樟脑油、沥青、蜡等火灾。

C 类火灾: 气体火灾。例如,液化石油气、水煤气、甲烷、乙炔、环氧乙烷等火灾。

D 类火灾: 金属火灾。例如,钾、钠、铯、钙、锂等火灾。

E 类火灾: 带电火灾。物体带电燃烧的火灾。例如,变压器等电气设备火灾。

F 类火灾: 烹饪器具内的烹饪物(如动物油脂或植物油脂)火灾。

2. 按照火灾事故所造成的灾害损失程度分类

依据国务院 2007 年 4 月 9 日颁布的《生产安全事故报告和调查处理条件》(国务院令 493 号)中规定的生产安全事故等级标准,消防部门将火灾相应地分为特别重大火灾、重大火灾、较大火灾和一般火灾四个等级,见表 1-1。

火灾等级的划分标准

表 1-1

火灾等级	重伤人数	死亡人数	直接财产损失(亿元)
特别重大火灾	$n \geq 100$	$n \geq 30$	$m \geq 1$
重大火灾	$50 \leq n < 100$	$10 \leq n < 30$	$0.5 \leq m < 1$
较大火灾	$10 \leq n < 50$	$3 \leq n < 10$	$0.1 \leq m < 0.5$
一般火灾	$n < 10$	$n < 3$	$n < 0.1$

1.2 火灾的发展及蔓延的机理与途径

1.2.1 建筑火灾蔓延的传热方式

通常情况下,火灾的发生和发展都有一个由小到大、由发展到熄灭的过程,了解清楚不同的环境和燃烧条件下火灾呈现出的不同特点,才更有利于指导建筑防火设计,达到更好的被动防火设计目的。

热量的传递有热传导、热对流和热辐射三种基本方式。建筑火灾中,燃烧物质所放出的热能通常是以上三种方式进行传播,并影响火势的蔓延和扩大。热传播的形式与起火部位,火源,建筑材料,燃烧空间的大小、形状、开口、通风,

燃烧物品的性质、数量、分布等因素有关。

1. 热传导

热传导又称导热，导热是由不同的质点（分子、原子、自由电子）在热运动中引起的热能传递现象，属于接触传热。在固体、液体和气体中均能产生导热现象，但其机理却并不相同。固体导热是由于相邻分子发生的碰撞和自由电子迁移所引起的热能传递；在液体中的导热是通过平衡位置间歇移动着的分子振动引起的；在气体中则是通过分子无规则运动时互相碰撞而导热。

在建筑工程中，由密实固体材料构成的建筑墙体、楼板和屋顶，通常可以认为通过这些材料的传热是导热过程。不同物质的导热能力各异，通常用导热系数 λ （或导热率 k ）来表示，材料的导热系数 λ 值的大小直接关系到导热传热量，是一个非常重要的热物理参数。材料或物质的导热系数的大小受多种因素的影响，如，材料的组成成分或者结构、材料干密度、材料的含湿量等。常用建筑材料的导热率见表 1-2 所示。

对于起火的场所，导热率大的材料，由于受到高温作用能迅速加热，又会很快地把热能传出去，在这种情况下，就有可能引起没有直接受到火的作用的易燃、可燃物发生燃烧，从而导致火势的进一步扩大或火灾的蔓延。

一些常用材料的导热系数 表 1-2

材 料	干密度 ρ_0 (kg/m ³)	导热系数 λ [W/(m·K)]	材 料	干密度 ρ_0 (kg/m ³)	导热系数 λ [W/(m·K)]
钢筋混凝土	2500	1.74	水泥砂浆	1800	0.93
矿棉、岩棉、 玻璃棉板	80~200 80 以下	0.045 0.050	聚氨酯硬泡沫 塑料	30	0.033
矿棉、岩棉、 玻璃棉毡	70~200 70 以下	0.045 0.050	橡木、枫树(热流 方向垂直木纹)	700	0.17
矿棉、岩棉、 玻璃棉松散料	70~120 70 以下	0.045 0.050	橡木、枫树(热流 方向顺木纹)	700	0.35
灰砂砖砌体	1900	1.10	平板玻璃	2500	0.76
空心砖砌体	1400	0.58	玻璃钢	1800	0.52
石灰石膏砂浆	1500	0.76	青铜	8000	64.0

2. 热对流

热对流又称对流。对流是由于温度不同的各部分流体之间发生相对运动、互相掺和而传递热能。因此，对流换热只发生在流体之中或者固体表面和与其紧邻的运动流体之间。对流换热作为热传递的另一种形式，在火灾的发展和蔓延中起着非常重要的作用，它在整个火灾过程中都存在，在大多数火灾中，热对流主要是由温度差引起的密度差驱动产生的。火灾中流动的热物质是燃烧产生的气体产物，环境中的空气也被加热，膨胀变轻后产生向上的运动，促进火灾烟气的蔓延。

在不存在强迫对流的火灾过程中，伴随着对流换热的气体运动是由浮力控制

的,同时浮力还影响着扩散火焰的形状和行为。因受摩擦力的影响,在紧贴固体壁面处有一平行于固体壁面流动的液体薄层,称为层流边界层,如图 1-3 所示为固体表面与其紧邻的流体对流传热的情况。对流换热的强弱主要取决于对流边界层内的换热与流体运动发生的原因、流体运动状况、流体与固体壁面温差、流体的物理特性、固体壁面的形状、大小及位置等因素。

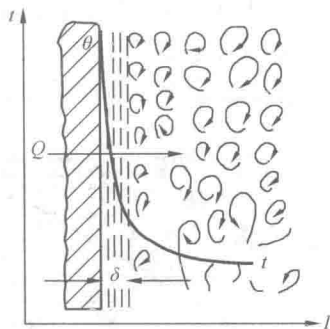


图 1-3 对流传热

建筑物发生火灾后,高温烟气和火焰在传播和蔓延过程中,一般来说,通风口的面积越大,对流换热的速度越大;通风口所处位置越高,对流换热速度越快。热对流对初期火灾的发展起着重要的作用。

3. 热辐射

辐射是物体通过电磁波来传递能量的方式。凡是温度高于绝对零度的物体,由于物体原子中的电子振动或激发,不论它们的温度高低都在不间断地从表面向外界空间辐射不同波长的电磁波。与导热和对流不同的是,电磁波的传播不需要任何中间介质,也不需要冷、热物体的直接接触,它是电磁波形式的能量传递,像可见光一样,可以被物体表面吸收、反射等。如图 1-4 所示为辐射热的吸收、反射与投射。

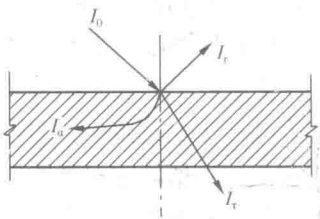


图 1-4 辐射热的吸收、反射与投射

各种物体对不同波长的辐射热的吸收、反射及投射性能不同,这不仅取决于材料的材质、分子结构、表面光洁程度等因素,对于短波辐射热还与物体表面的颜色有关。火场上的火焰、烟气都是辐射

热能,其强弱取决于燃烧物质的热值和火焰温度。物质的热值越大,火焰温度越高,辐射热也越强。当建筑物顶棚下的烟气温度接近 600°C 时,地板平面上的可燃物就会发生轰燃现象,火灾进入充分发展阶段。同时,辐射传热的大小还与物体间的相互位置有关,即接收辐射热的表面与辐射路径是垂直还是平行有很大的关系。这也是在确定防火间距时要重点考虑火灾的热辐射作用的原因。辐射热作用于附近的物体上,能否引起可燃物着火,还要看热源的温度、距离和角度。

1.2.2 建筑火灾发展的过程

建筑物大都有多个内部空间,通常称之为“室”。对建筑火灾而言,包括一两个房间在内的火灾是建筑物火灾的基本形式。火灾最初发生在某个房间或某个部位,相邻房间或区域以及整栋建筑的火灾是由此蔓延发展而来的(如图 1-5 所示为双室火灾发展过程)。

1. 火灾的发展过程

图 1-5 所示某房间内某种可燃物燃烧后火灾发展的过程。火灾初期发展阶段,可燃物是影响火灾严重性与持续时间的决定性因素。在一般建筑火灾中,初始火源大多数是固体可燃物,当然也存在气体和液体起火的情况,但较为少见。固体

可燃物可由多种火源引燃,如掉在织物上的烟头、可燃物附近异常发热的电器等,通常可燃固体先发生阴燃,当其达到一定温度或形成合适的条件时,阴燃便转为明火燃烧。此阶段燃烧面积较小,只局限于着火点处的可燃物燃烧。

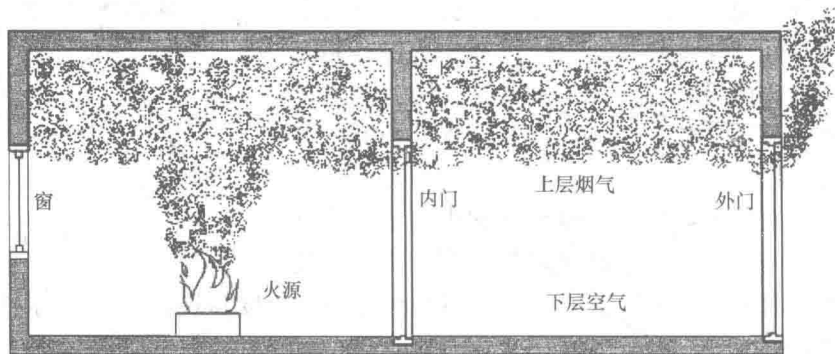


图 1-5 双室火灾发展过程示意图

明火出现后,燃烧速率大大增加,放出的热量和热烟气迅速增多,在对流、辐射传热的作用下,在可燃物上方形成温度较高、不断上升的火羽流。周围相对静止的空气受到卷吸作用不断进入羽流内,并与羽流中原有的气体发生掺混。随着高度的增加,羽流向上运动,总的质量流量不断增加而其平均温度则不断降低。

当羽流受到房间顶棚阻挡后,便在顶棚下方向四面扩散开来,形成了沿顶棚表面平行流动的较薄的热烟气层,即顶棚射流。在顶棚射流向外扩展的过程中,卷吸其下方的空气。然而由于其温度高于冷空气的温度,容易浮在上部,所以它对周围气体的卷吸能力比垂直上升的羽流小得多,这使得顶棚射流的厚度增长不快。当火源功率较大或受限空间的高度较低时,火焰甚至可以直接撞击在顶棚上。这时在顶棚之下不仅有烟气的流动,还有火焰的传播,从而使火势得到进一步的蔓延。

当顶棚射流受到房间墙壁的阻挡,便开始沿墙壁转向下流,但由于烟气温度仍较高,它将只下降不长的距离便又转向上浮。重新上升的热烟气先在墙壁附近积聚起来,达到了一定厚度时又会慢慢向室内中部扩展,不久就会在顶棚下方形成逐渐增厚的热烟气层。在顶棚射流卷吸热烟气的作用下,贴近顶棚附近的温度越来越高。

如果着火房间有通向外部的开口,则当烟气层的厚度超过开口的拱腹(即开口上边缘到顶棚的隔墙)高度时,烟气便可由此流到室外。拱腹越高,形成的烟气层越厚。开口不仅起着向外排烟的作用,而且起着向里吸入新鲜空气的作用,因而开口的大小、高度、位置、数量等都对室内燃烧状况有着重要的影响。烟气从开口排出后,可能进入外界环境中,也可能进入建筑物的走廊或与起火房间相邻的房间。当辐射传热很强时,离起火物较远的可燃物也会被引燃,火势将进一步增强,室内温度继续升高。火灾转化为一种极为猛烈的燃烧,即轰燃,室内的可燃物基本上都开始燃烧,从而引起更大规模或整个建筑物火灾。

2. 火灾发展的主要阶段

(1) 火灾初期增长阶段

初期增长阶段从出现明火算起,此阶段火区体积不大,其燃烧状况类似于敞开环境中的燃烧,如果没有外来干预,火区将逐渐增大,或者是火焰在原先的着火物体上扩展开来,也或者是起火点附近的其他物体被引燃。在此阶段,由于总的热释放速率不高,除着火物附近及火焰处的局部温度较高,室内的平均温度还比较低。

这一阶段,由于可燃物性能、分布和通风、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,也可能自行熄灭。如图 1-6 所示为室内火灾温度-时间曲线。如果房间的通风足够好,火区将继续增大,逐渐达到燃烧状况与房间边界的相互作用变得非常重要的阶段,即轰燃阶段。

(2) 火灾充分发展阶段

在建筑室内火灾持续燃烧一定时间后,燃烧范围不断扩大,火场温度继续升高,当房间内温度达到 $400^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 时,室内所有可燃物都将着火燃烧,火焰基本上充满全室。当燃烧释放的热量在室内逐渐积累及燃烧速率急剧增加到一定程度,火灾燃烧瞬间进入轰燃。由图 1-6 可知,轰燃相应于温度曲线陡升的一小段,与火灾的其他阶段相比,所占的时间比较短。

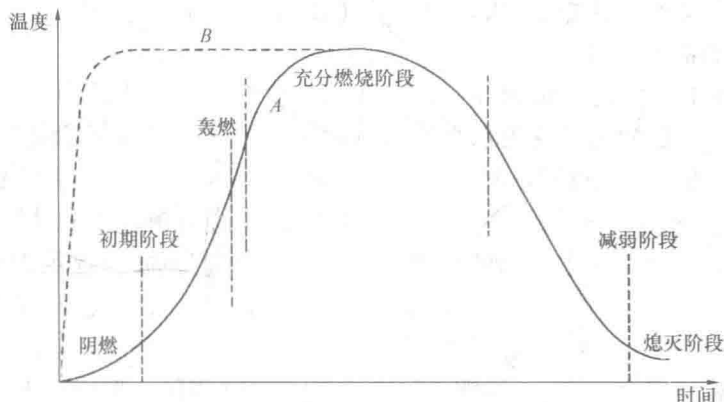


图 1-6 建筑室内火灾的温度-时间曲线

火灾燃烧进入轰燃阶段后,燃烧强度仍在增加,热释放速率逐渐达到某一最大值,室内温度经常会升到 $800^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$,此时标志着室内火灾进入全面发展阶段。因而,火焰和高温在火风压的作用下,会从房间的门窗、洞口等处大量喷涌出,沿走廊、顶棚迅速向水平方向蔓延扩展。高温火焰和烟气还会携带着相当多的可燃成分从起火室向邻近房间或相邻建筑物蔓延。同时,由于烟囱效应的作用,火势会通过竖向管井、共享空间等向上蔓延。火灾产生的高温会严重地损坏室内的设备及建筑物本身的结构,甚至造成建筑物的部分损坏或全部毁坏。此时,室内尚未逃出的人员是极难生还的。但不是每个火场都会出现轰燃,大空间建筑、比较潮湿场所的火灾就不易发生轰燃。

(3) 火灾衰减阶段

在火灾全面发展阶段的后期,室内可燃物的数量减少,可燃物的挥发成分大量消耗致使燃烧速率减小,燃烧强度减弱,明火燃烧无法维持,温度逐渐下降,火区逐渐冷却。由于燃烧放出的热量不会很快散失,室内平均温度仍然较高,并