

全国公安高等教育（本科）规划教材
公安部政治部 组编



防火工程概论

杜文锋 主编



中国人民公安大学出版社

全国公安高等教育（本科）规划教材
公安部政治部 组编

防火工程概论

杜文锋 主编

中国人民公安大学出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

防火工程概论/杜文锋主编. —北京: 中国人民公安大学出版社, 2014. 8
全国公安高等教育 (本科) 规划教材

ISBN 978 - 7 - 5653 - 1887 - 0

I. ①防… II. ①杜… III. ①防火—高等学校—教材 IV. ①TU998. 12
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 196712 号

防火工程概论

杜文锋 主编

出版发行: 中国人民公安大学出版社

地 址: 北京市西城区木樨地南里

邮政编码: 100038

经 销: 新华书店

印 刷: 北京通天印刷有限责任公司

版 次: 2014 年 8 月第 1 版

印 次: 2014 年 8 月第 1 次

印 张: 19

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

字 数: 394 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5653 - 1887 - 0

定 价: 60.00 元

网 址: www.cppsups.com.cn www.porclub.com.cn

电子邮箱: zbs@cppsu.com zbs@cppsu.edu.cn

营销中心电话: 010 - 83903254

读者服务部电话 (门市): 010 - 83903257

警官读者俱乐部电话 (网购、邮购): 010 - 83903253

教材分社电话: 010 - 83903259

本社图书出现印装质量问题, 由本社负责退换
版权所有 侵权必究

全国公安高等教育（本科）规划教材

编审委员会

主 任：夏崇源

副主任：樊京玉 黄 进 谢维和

程 琳 王世全 崔芝崑

委 员：（按姓氏笔画排序）

马维亚 王 刚 伊良忠 刘玉庆

刘冠华 闫继忠 许剑卓 孙茂利

杜兰萍 李 娟 李锦奇 杨 东

杨 钧 吴钰鸿 吴跃章 张文彪

张兆端 张俊海 张高文 陈 勇

陈延超 武冬立 林少菊 战 俊

奚路彪 高 峰 郭 宝 曹诗权

程人华 程小白 傅国良 熊文修

滕 健

编委会办公室：

陈延超（兼） 周佩荣 屈 明

杨益平 曾 惠

主 编 简 介

杜文锋，男，1985 年本科毕业于南京航空航天大学航空发动机设计专业，工学博士。中国人民武装警察部队学院消防工程系主任，教授，硕士研究生导师。主要从事消防工程专业的教学与科研工作。

全国公安高等教育（本科）规划教材

防火工程概论

主 编：杜文锋

副主编：薄建伟 马 良 舒中俊

撰稿人：（按姓氏笔画排序）

马 良 王 倩 王海荣 杜文锋

杨永斌 杨伯忠 葛晓霞 舒中俊

蔡 芸 薄建伟 魏彤彤

前 言

教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，是联系教与学的有效媒介。教材建设是公安教育训练的基础性工作，是实现公安院校教育现代化、提高教学质量的一项基本措施。改革开放以来，我们根据公安院校教学工作需要，先后组织编写了近 200 种公安院校专业课和专业基础课教材，为培养高素质的公安人才提供了有力支撑。近年来，我国执法环境和执法依据发生了深刻变化，公安理论和实践创新有了长足进步，公安高等教育实现了跨越式发展，原有统编教材难以满足现实需要，亟须重新编写。对此，公安部党委十分重视，郭声琨部长、杨焕宁常务副部长专门作出指示，成立了由公安部党委委员、政治部主任夏崇源任主任委员的教材编审委员会，并在京召开了工作部署会推动教材编写工作顺利有序进行。

本套教材是公安院校的本科教学用书，也是公安民警培训、自学的母本教材或指导性用书，涵盖侦查、治安、经济犯罪侦查、交通管理工程、刑事科学技术、禁毒、网络安全与执法、公安视听技术、警务指挥与战术、边防管理、消防工程等公安类本科专业，共计 110 种教材，是公安高等教育史上规模最大、涉及最广的一次教材建设工程。

本套教材以培养应用型公安专门人才为目标，以习近平总书记系列重要讲话为指南，坚持院校专家学者与实务部门骨干相结合，深入基层、融入实战、贴近一线，在充分吸纳教学科研成果和警务实践成功经验的基础上编写而成。教材在内容上主要突出公安理论的基础性和公安工作的实践性，在阐述公安各学科基本原理的同时，注重实践运用能力的培养，既兼顾了学科专业的系统性，又强调了警务实战的特殊性。在

体例规范上，既相对统一，又预留空间，鼓励学术上的研究和探讨，利于学生展开更深的探究。

本套教材是在公安部政治部的统一领导下分组集体编写而成的。为保证教材内容贴近实战，我们遴选了部分警务实战骨干参与编写工作。各门教材由编写组精心组织、反复论证、集思广益完成初稿，最后经有关实战部门业务专家和部分社会相关领域知名专家学者审核后定稿。

我们相信，经过组织者、编写者、出版者的共同努力，全国公安高等教育（本科）规划教材能够以体系完整、内容丰富、贴近实战、形式新颖的精品特质，服务公安院校的教学和广大民警自学，为培养高素质、高水平的应用型公安专门人才发挥重要作用。

公安部政治部
2014 年 8 月

编写说明

“防火工程概论”是将火灾科学原理与消防工程技术手段有机结合，系统介绍防火基本原理和技术措施的综合性课程。本教材的编写是为了适应消防各专业对“防火工程概论”通修课程教学的需求，满足消防部队岗位轮换对专业复合型人才的需要。

本教材具有鲜明的概论性特征，以火灾预防基本技术措施的内在联系为主线，对防火工程的关键要素进行概括和提炼，在此基础上构建清晰的知识层次和结构体系，力争“简”而“精”，避免“繁”而“杂”。同时，从高等教育和消防工作实际出发，注重理论知识和实践应用的联系，培养学习者基于防火基本原理的消防工程与技术思维方式。

本教材内容由建筑防火设计、防排烟系统、建筑灭火设施、电气防火与火灾监控、工业防火防爆五个部分构成。建筑防火设计部分主要通过建筑选址布局、区域布置和功能结构的设计来限制火灾的蔓延与扩大，确保建筑与人员安全；防排烟系统部分从火灾烟气特性和蔓延规律出发，介绍以自然排烟、机械防烟和机械排烟为主的火灾烟气控制策略和措施；建筑灭火设施部分系统介绍消火栓系统、自动喷水灭火系统、泡沫灭火系统和气体灭火系统等的类型组成、工作原理、适用范围和设置原则；电气防火与火灾监控部分根据电气火灾原因和火灾探测原理，介绍电气系统防火、消防供配电、防爆电器选择、防雷防静电措施和火灾自动报警系统的组成和功能；工业防火防爆部分在分析工业火灾爆炸事故特点和成因的基础上，阐述相关的防火防爆技术措施和工业建筑防爆设计要求。

本教材由中国人民武装警察部队学院（简称武警学院）消防工程系主任杜文锋教授担任主编。具体编写分工如下：第一章由公安部消防局薄建伟高级工程师编写，第二章、第四章由武警学院蔡芸教授编写，第三章第一、二、三、四节由武警学院杜文锋编写，第三章第五节由武警学院舒中俊教授编写，第五章、第六章由武警学院王倩副教授编写，第七章由武警

学院王海荣副教授编写，第八章由武警学院魏彤彤讲师编写，第九章第一、四节由武警学院葛晓霞教授编写，第九章第二、三节和第十一章第三节由武警学院杨伯忠副教授编写，第十章第一、二节由武警学院马良副教授编写，第十章第三、四节和第十一章第一、二节由武警学院杨永斌讲师编写。

由于编写水平有限，书中难免有不足之处，敬请广大读者批评指正。

《防火工程概论》编写组

2014年8月

目 录

第一章 建筑火灾与建筑防火对策	(1)
第一节 建筑火灾	(1)
第二节 建筑特征与建筑消防安全	(7)
第三节 建筑防火对策	(9)
第二章 建筑物耐火设计	(13)
第一节 建筑构件的耐火性能	(13)
第二节 建筑物耐火等级	(16)
第三节 钢结构耐火保护	(24)
第三章 总平面布局和平面布局防火	(30)
第一节 防火间距	(30)
第二节 消防车道与消防车操作空间	(38)
第三节 高层民用建筑总平面防火设计	(42)
第四节 建筑内部布置防火	(44)
第五节 防火分区	(47)
第四章 建筑装修工程防火	(63)
第一节 装修材料分类与分级	(63)
第二节 可燃装修的火灾危险性	(66)
第三节 建筑内部装修设计防火要求	(67)
第四节 建筑外墙饰面及保温体系防火	(75)
第五章 安全疏散设计	(80)
第一节 安全疏散设计基本理论	(80)
第二节 安全出口设计	(83)
第三节 安全疏散距离	(91)
第四节 疏散楼梯和楼梯间	(94)
第五节 避难层(间)与屋顶直升机停机坪	(99)
第六节 消防电梯	(101)
第七节 应急照明及疏散指示标志	(102)

第六章 建筑防烟与排烟设计	(106)
第一节 概述	(106)
第二节 自然排烟	(110)
第三节 机械加压送风防烟	(114)
第四节 机械排烟设计	(120)
第七章 电气防火	(126)
第一节 低压供配电系统防火	(126)
第二节 消防供配电系统	(137)
第三节 爆炸危险环境电气设备的选择	(145)
第四节 防雷防静电	(149)
第八章 火灾自动报警系统	(159)
第一节 火灾自动报警系统构成原理	(159)
第二节 火灾探测器的选择与设置	(168)
第三节 火灾自动报警系统的设计要求	(176)
第四节 消防联动控制设计	(187)
第五节 住宅建筑火灾自动报警系统	(193)
第六节 电气火灾监控系统	(195)
第七节 可燃气体探测报警系统	(197)
第九章 建筑灭火设施	(200)
第一节 消火栓给水系统	(200)
第二节 自动喷水灭火系统	(218)
第三节 气体灭火系统	(231)
第四节 灭火器	(235)
第十章 易燃易爆危险品防火	(239)
第一节 危险品的危险特性	(239)
第二节 易燃易爆危险品储存场所防火	(249)
第三节 易燃易爆危险品经营场所防火	(251)
第四节 常见易燃易爆危险品场所防火	(253)
第十一章 工业防火防爆	(267)
第一节 工业火灾爆炸事故原因	(267)
第二节 工业火灾爆炸事故预防措施	(272)
第三节 工业建筑防爆设计	(284)
主要参考文献	(289)

第一章 建筑火灾与建筑防火对策

【教学重点与难点】

教学重点：室内火灾与室外火灾的区别；建筑特征对消防安全的影响；建筑防火的管理与技术对策。

教学难点：建筑特征对消防安全的影响。

建筑火灾的预防与控制在防火工程中占有重要地位。了解建筑火灾的发生原因、发展过程和危害形式，整体把握建筑防火技术在建筑防火策略中的地位和作用，是有效开展建筑防火设计的前提条件。本章将讨论建筑火灾、建筑特点及其对消防安全的特殊需求和建筑防火策略等问题。

第一节 建筑火灾

一、建筑火灾及其危害

火是人类赖以生存和发展的自然力量，火的利用在人类进化史中具有划时代的意义。但火具有两面性，当火失去控制，就会成为具有很大破坏力的灾害，给人类的生产、生活乃至生命安全带来威胁。火灾即是指失去控制，并给人类带来危害和损失的燃烧现象。

在所有火灾中，建筑火灾发生次数最多，损失也最严重。统计表明，我国建筑火灾发生起数占火灾总起数的80%左右，直接经济损失占70%左右。所以，建筑火灾的预防与控制在防火工程中占有重要的地位。

建筑火灾的危害集中体现在对物的危害、对人的危害和对环境的危害三个方面。

建筑材料受火灾高温作用，其力学性能会明显下降。当建筑材料的力学性能降低到不能支撑建筑物的荷载时，建筑物就会发生倒塌。发生火灾时，建筑内的物质会被烧毁，有些物质即使不被烧毁，但受到烟熏火烤也会失去使用功能。

火灾不仅能烧死烧伤在起火建筑内无法逃生的人员，其产生的有毒烟气还能使离开火源一定距离内的人员因中毒或窒息死亡。

此外,建筑火灾对环境具有危害作用:一是火灾产生的有毒有害气体对大气造成污染;二是部分有毒有害物质发生火灾时,可能随着灭火产生的废水一道流入地表和河流,造成大面积地面和水域污染;三是灭火所用的部分灭火剂也对环境有一定的危害作用。

二、建筑火灾的原因

建筑火灾的原因归纳起来大致分为六类:

(一) 生活和生产用火不慎

1. 生活用火不慎。城乡居民家庭火灾绝大部分为生活用火不慎引起。属于这类火灾的原因大体有以下几个方面:

(1) 吸烟不慎。烟头或点燃烟后未熄灭的火柴梗都可能引起可燃物着火燃烧。

(2) 炊事用火。炊事用火的主要器具包括燃煤或燃柴炉灶、燃气炉灶和燃油炉灶等。如果炉灶设置地点不当,安装不符合安全要求,烟囱距离可燃物太近或其间没有可靠的隔火隔热措施,在使用炉灶的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。

(3) 取暖用火。使用明火取暖时,如果火炉、火炕、火盆以及排烟的烟囱等设置、安装、使用不当,可能引起火灾。

(4) 灯火照明。灯火照明包括电灯照明、汽灯照明、油灯照明和蜡烛照明等。灯泡、汽灯、油灯和蜡烛放置位置靠近可燃物,或者使用不小心都容易引起火灾。

(5) 小孩玩火。小孩玩火可能引燃可燃物引起火灾。

(6) 燃放烟花爆竹。烟花爆竹在燃放过程中释放的高温烟火能够引燃可燃物,导致火灾发生。

(7) 宗教活动用火。寺庙、庵堂、道观等场所有大量的可燃物,在这些场所进行宗教活动时,焚香和燃烛可能引起火灾。

2. 生产用火不慎。例如,用明火熔化沥青、石蜡或熬制动植物油时,因温度超过自燃点,会着火成灾;在烘烤木板、烟叶等可燃物时,因温度升高,可能引起烘烤的可燃物着火成灾;锅炉中排出的炉渣处理不当,也可能引燃周围的可燃物。

(二) 违反安全生产制度

由于违反安全生产制度引起火灾的情况很多。例如,在易燃易爆的车间内动用明火可能引起爆炸起火;将性质相互抵触的物品混存会引起燃烧爆炸;进行气焊气割时,如果没有采取相应的防火措施,气焊气割产生的火星与焊渣,以及焊接切割产生的高温部件能够引起可燃物着火燃烧;机器运转时,不按时加润滑油,或不及时清除附在机器轴承上面的杂质、废物,这些部位摩擦发热会引起附着物燃烧起火;电熨斗不用时不及时断电,会引起电熨斗过热,点燃可燃物;化工生产设备失修,出现可燃气体、易燃和可燃液体跑、冒、滴、漏现象,遇明火

燃烧爆炸等。

（三）电器设备设计、安装、使用及维护不当

电器设备设计、安装、使用及维护不当引起火灾的原因很多。主要包括：电气设备过负荷、线路接触不良、线路短路会引起火灾；大功率灯泡和日光灯整流器对紧邻的可燃物加热会引起火灾；在易燃易爆车间使用非防爆型电动机、灯具和开关等也会引起燃烧爆炸。

（四）自然现象引起火灾

1. 自燃。所谓自燃，是指在未与任何明火接触的情况下，物质受化学发热或生物发热等发热机理作用，内部产生热量累积，达到物质的自燃点而引起燃烧的现象。如大量堆积的油布、油纸、煤炭等都可能因自身发热而自燃。

2. 雷击。雷击引起火灾基于三方面的机理：一是雷击直接击中建筑物产生高温使建筑物着火；二是雷击产生的静电感应和电磁感应使可燃物着火；三是雷击产生的强电流通过电气线路或金属管道系统浸入建筑物内部引起可燃物着火。在雷击较多的地区，建筑物应设置防雷保护设施，以防止雷击引起火灾。

3. 静电。静电通常由摩擦、撞击而产生。例如，易燃、可燃液体在塑料管道中流动产生静电；身上穿着的化纤织物的摩擦、塑料鞋底与地面的摩擦也能产生静电。静电放电能引起可燃液体、气体和粉尘爆炸燃烧。

4. 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、处理好易燃易爆生产装置和危险物品，这些都可能导致火灾的发生。

（五）纵火

纵火分为刑事犯罪纵火和精神病人纵火。

三、建筑火灾的发展与蔓延

（一）室外火灾与室内火灾的区别

室外火灾与室内火灾有很大的不同。如图 1-1 所示，对室外火灾，燃烧产生的部分热量通过对流和热辐射向燃料表面传热并加热燃料表面，使其分解产生可燃气体，可燃气体进入火焰支持燃烧继续进行。剩余热量则通过热辐射和热烟气的自然对流散失到环境中。如图 1-2 所示，对室内火灾，燃烧产生的高温烟气聚集在室内，加热房间内的固体壁面（包括墙壁、天花板和室内其他固体壁面）。被加热的固体壁面和高温气体又向燃料表面辐射加热，从而加强燃烧过程。由此可知，如果空气供给充分，高温烟气的聚积对室内燃烧有强化作用。

（二）室内火灾的发展过程

室内火灾的发展可由室内平均温度随时间变化描述，如图 1-3 所示。根据室内平均温度变化特点，可将室内火灾分为三个阶段。图中虚曲线代表轰燃发生前燃料已经耗尽，或者氧气供给不足导致燃烧终止。

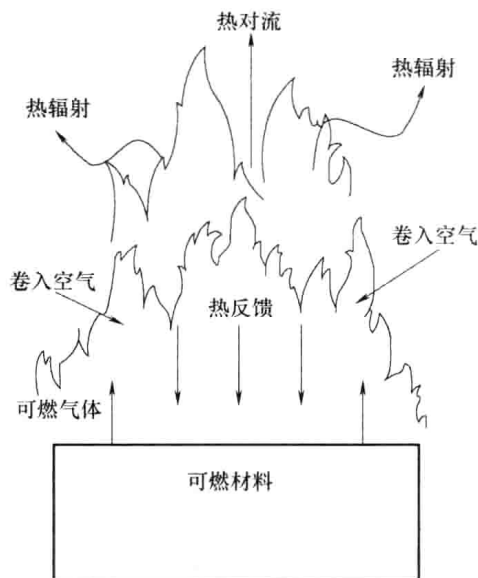


图 1-1 室外物质燃烧过程示意图

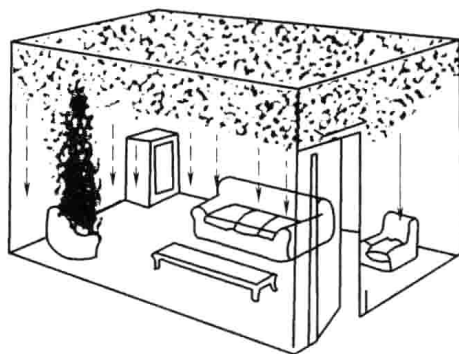


图 1-2 室内燃烧强化过程示意图

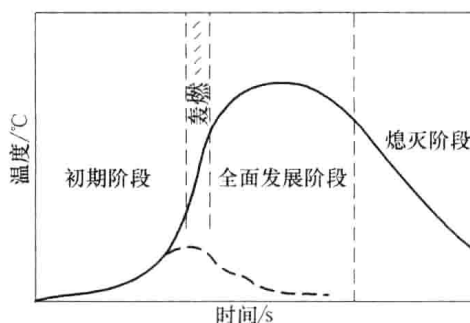


图 1-3 室内平均温度随时间的变化

1. 初期阶段。可燃物着火后，火灾发展有三种可能性：

(1) 燃烧限定在初始着火物上。着火的可燃物数量少、热值低，或者与其他可燃物之间有一定的距离，燃烧无法从着火物向周围物质蔓延。在此情况下，当着火的可燃物燃尽后，燃烧自行终止。

(2) 通风不足导致燃烧终止。在火灾蔓延发展过程中，物质燃烧消耗周围的氧气。当房间通风不足时，随着燃烧进行，对燃烧起支撑作用的氧气浓度越来越低，而对燃烧起抑制作用的燃烧产物浓度越来越高。当氧气浓度低于一定值时，燃烧因缺氧而熄灭。

(3) 发展蔓延。当初始着火物的数量大，热值高，与周围可燃物之间的距离近时，火焰将在初始可燃物上加速蔓延，并向周围可燃物蔓延，直至房间内的所有

物质都卷入燃烧。

火灾初期阶段的特点是：燃烧范围小，燃烧速度慢，室内平均温度低。因此，火灾初期阶段是灭火和人员疏散的最佳时机。

2. 全面发展阶段。当初期阶段的第三种可能性成为现实，且室内可燃物较多时，随着火灾蔓延，室内所有可燃物都卷入燃烧，燃烧充满了整个室内空间。

在全面发展阶段，存在一种特殊的燃烧现象——轰燃。当房间具有良好通风，且室内燃料足够时，位于室内上方的高温烟气层温度随时间升高。当火灾发展到一定规模时，固体壁面和高温烟气层向下的热辐射足够强烈，使室内所有可燃物都受热分解释放大量可燃气体，可燃气体着火使所有可燃物突然卷入燃烧。此时的烟气层温度在 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之间。火灾从缓慢增长到全面发展的过渡非常迅速。火灾动力学将这种非常迅速地由局部燃烧过渡到室内所有可燃物全部卷入燃烧的过程叫作室内火灾的轰燃现象。

轰燃发生后，火灾热释放速率迅速增加，氧气浓度下降。在此情况下，房间内的人员几乎完全失去逃生机会，而且火灾蔓延到相邻区域的危险增加，建筑物结构受到加热损害有发生坍塌的可能。

3. 熄灭阶段。火灾进入全面发展阶段后，随着燃烧持续进行，可燃物数量逐渐减少，室内温度逐渐下降。当室内温度下降到最大值的 80% 时，即可认为火灾进入熄灭阶段。可燃物完全烧尽时，室内温度将逐渐恢复到常温。

（三）建筑火灾严重性影响因素

建筑火灾严重性是指在建筑中所发生火灾的规模和危害程度。火灾严重性取决于火灾达到的最高温度和在最高温度下火灾的持续时间，它表明了火灾对建筑结构或建筑造成破坏和对建筑中的人员、财产造成危害的程度。

火灾严重性与建筑的可燃物或可燃材料的数量、材料的燃烧性能以及建筑的类型、构造等有关。影响火灾严重性的因素大致有以下六个方面：

1. 可燃材料的燃烧性能。材料的燃烧性能可由燃烧热值、热释放速率、产烟速率等参数描述。这些参数越大，材料的燃烧温度越高，烟气浓度越大，因此，火灾对建筑物的破坏和对人员的危害越大。

2. 可燃材料的数量。房间内的可燃物数量越大，火灾温度越高，持续时间越长。

3. 可燃材料的分布。发生火灾时，可燃材料的暴露面积越大，其表面接受的来自高温燃烧产物的热量越多，从而导致更多的材料受热分解燃烧。因此，可燃材料的分布对火灾的严重性具有重要影响。

4. 房间开口的面积和形状。房间开口的面积和形状影响火灾条件下通过开口进入房间的空气速度和离开房间的火灾烟气速度，从而影响火灾的燃烧速度和燃烧温度。

5. 着火房间的面积和形状。房间的面积和形状决定了房间的体积和固体壁面