

820

7.12.10-4  
E:4

高等学校 **建筑学** 专业系列教材  
          **城市规划**

# 建筑防火设计

西安建筑科技大学 张树平 主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑防火设计/张树平主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2000

高等学校建筑学、城市规划专业系列教材

ISBN 7-112-04402-2

I. 建… II. 张… III. 防火系统-建筑设计-高等学校-教材 IV. TU892

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 59604 号

本书比较系统地阐述了建筑防火的主要问题。内容包括: 建筑火灾及防火概述、建筑总平面及平面防火设计、建筑耐火等级与耐火设计、装修防火、防火分区、防烟与排烟、安全疏散、自动报警系统、建筑防火智能化、灭火系统、地下建筑防火等。

本书着重阐述了国内外近几年来建筑防火设计与研究的新成果, 并结合我国现行防火规范, 选编了大量实例、图表。

本书为高等院校建筑类专业教材, 也可作为消防及安全等专业的参考教材及建筑师、工程师的参考书。

建筑学  
高等学校 专业系列教材  
城市规划

### 建筑防火设计

西安建筑科技大学 张树平 主编

\*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$  字数: 381 千字

2001 年 6 月第一版 2001 年 6 月第一次印刷

印数: 1—5,000 册 定价: 19.30 元

ISBN 7-112-04402-2

TU · 3916 (9864)

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

当代科学技术日新月异,新材料、新结构、新设备层出不穷,给建筑的创造提供了前所未有的可能性,超高层建筑、巨型建筑、智能建筑、生态建筑、以及地下建筑、海洋建筑等等,技术的密集和复杂程度均非昔日可比,而建筑中的安全性问题也日益突出,这反映在建筑过程中,“安全第一”是毋庸置疑的铁定原则,而反映在设计与长期的使用过程中,同样需要贯彻“安全第一”的思想。缺乏“安全性”的建筑不能说是合格的建筑。现实生活中由于忽视安全性的设计而导致的建筑灾害事故频繁发生,所造成的损失触目惊心。在以往的建筑学专业教育中,或多或少地存在着“重艺术轻技术”、“重使用轻安全”的倾向,是需要在教育改革中认真加以改进的。1995年,国务院批准发布的《注册建筑师管理条例》中,开宗明义,以法规的形式强调了建筑师对国家财产和人民生命安全所负的重要责任,我国建筑学专业教育评估标准也贯彻了上述精神,自评估标准发布以来,建筑学专业教育中有关技术、安全和职业道德等方面的教育内容有所加强,但与新时期的人才需求,与注册建筑师的职业要求相比,仍有相当差距,调整课程设置,改革教学内容,编写高水平的教材,已是发展建筑教育的当务之急。

全国高等院校建筑学专业指导委员会将教材建设作为委员会的主要工作之一,积极组织教材的编写和评审,及时推荐出版了一批教材,《建筑防火设计》即是其中一部。

建筑防火设计是确保建筑安全性的重要方面,因此,各院校为适应形势发展及时调整教学计划,增设建筑学专业的《建筑防火设计》课程,以便未来的建筑师们能认识建筑火灾发生和发展的规律,掌握建筑防火的新技术和新设备,提高建筑防火设计的科学性、合理性和有效性。

本教材是在西安建筑科技大学和部分兄弟院校多年教学实践的基础上修订而成的,并根据现行防火规范,更新了部分内容,吸收、增加了国内外许多专家、学者在建筑防火设计与研究方面的新成果,结合专业的特点,增加了大量设计实例、参考图表。

本教材的特色是,引导学生紧密结合建筑设计过程,循序渐进地展开建筑防火设计。内容包括:建筑火灾及防火设计概述,建筑总平面及平面防火设计,建筑耐火设计,安全疏散设计,地下建筑防火设计,建筑装饰防火设计,建筑防排烟设计,灭火设备,自动报警设备及建筑防火智能化概述。

本教材按40课时编写,任课教师可根据各校教学计划选讲,带“\*”的部分实例可作为学生的阅读内容。本教材由张树平主编,各章的执笔人为:第2章岳鹏,第9章高羽飞,第10、11章闫幼锋,其余各章为张树平。本教材由高级建筑师、国家一级注册建筑师秋志远、高级工程师卞建峰主审。

本教材在编写中参阅了多位专家的著作和文章,在此特向各位致以深切谢意。

由于编者的水平有限,书中定有错误和不足之处,恳请读者予以批评指正。

2000年8月

# 第 1 章 建筑火灾及防火概述

“火”能造福人类，是我们生活中不可缺少的物质。人类从远古时期开始用火——钻木取火，火的应用促进了人类文明的发展，直到今天，我们还千方百计地以不同方式用火来为我们服务。然而，同世界上一切事物一样，火也有脱缰之时，火灾不仅对人类无益，而且非常有害，甚至带来极大灾难。

火灾的种类很多，有森林草原火灾、石油化工火灾、建筑火灾等。本书重点研究的是建筑火灾。所谓建筑火灾是指烧毁（损）建筑物及其容纳物品，造成生命财产损失的灾害。

建筑火灾对人类有害，为避免、减少火灾发生，我们就必须研究它的发生、发展规律，总结火灾教训，进行防火设计，采取防火技术，防患于未然。这是未来的建筑师们义不容辞的责任，否则，我们就会在建筑防火方面留下难以弥补的后患。建筑方案设计如果不符合防火规范要求，方案就不能成立。

要掌握建筑防火设计的理论与技术，首先要认识它的重要性，它是关系人民生命财产安全的大事；其次要克服畏难情绪，循序渐进地学习，逐步掌握基本理论与技术；第三要注重实践环节，在做建筑方案时，要综合运用所学到的建筑防火知识，把防火的思路贯穿到方案中去，并注意不断改进和完善，以达到防火规范的要求。只要长期坚持，便可熟能生巧，把建筑防火设计做得更好。

## 第 1 节 建筑火灾教训与建筑防火设计

为使大家对建筑火灾有个初步了解，我们从国内外数百个火灾案例中筛选了一些火灾案例，以便使大家了解火灾发生发展过程，了解火灾造成的人民生命财产损失概况及我们应吸取的教训，从而提高我们对防火重要性的认识。

为叙述方便，我们将每起火灾按照建筑概况、火灾发展情况及主要经验教训三个标题概要介绍。

### 1 旅馆火灾

#### 1.1 哈尔滨天鹅饭店火灾

##### 1.1.1 建筑概况

天鹅饭店是 11 层钢筋混凝土框架结构，标准层面积为 1200m<sup>2</sup>。设两座楼梯、四台电梯（其中一台兼作消防电梯）。平面如图 1-1。隔墙为钢龙骨石膏板，走道采用石膏板吊顶。

##### 1.1.2 火灾发展情况

1985 年 4 月 9 日，住在第 11 层 16 号房间的美国客人，酒后躺在床上吸烟引起火灾。

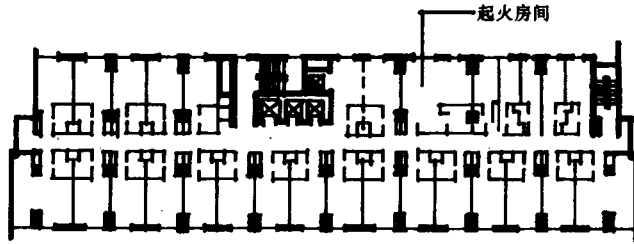


图 1-1 哈尔滨天鹅饭店标准层平面及起火房间位置

由于火灾发生在午夜,待肇事人被烟熏火燎惊醒逃出起火房间之后,才发现火灾。由于火灾发现的时间晚,又没有组织及时的扑救,有 6 个房间被烧毁,12 个房间被烧坏,走道吊顶大部分被烧毁。火灾中,10 人死亡,7 人受伤;受灾面积达 505m<sup>2</sup>,经济损失 25 万余元。

### 1.1.3 主要经验教训

(1) 该饭店大楼设计上有火灾自动报警装置,由于某种原因,在消防安全设施极不完善的条件下,强行开了业。如果安装火灾自动报警装置和自动喷水灭火系统,这次火灾事故完全可能不会蔓延扩大。

(2) 采用的塑料墙纸,经火灾后试验,这种墙纸燃烧快、烟尘多、毒性大。

(3) 饭店大楼由于管道穿过楼板的孔洞没有用水泥砂浆严密堵塞(施工缺陷),火灾时,火星不断地向下面几层楼掉落,幸亏发现及时,采取防范措施,才未酿成更大火灾。因此,管道穿过楼板时,用非燃烧材料严密填塞是完全必要的。

(4) 楼梯设计不当。把防烟楼梯间设计成普通楼梯间,致使烟气窜入,使人员失去逃生通道,导致惨重的伤亡事故。

## 1.2 东京新日本饭店火灾

1982 年 2 月 8 日,日本东京赤坂闹市区的新日本饭店发生火灾。东京消防厅在 3 时 39 分接警后,先后调集了各种消防车 120 辆和两架直升飞机前往扑救,经过 9 个小时的救火,于中午 12 时 36 分将大火扑灭。饭店第 9 层、第 10 层(面积达 4360m<sup>2</sup>)的装修、旅馆各种家具、陈设等基本烧毁,死亡 32 人,受伤 34 人,失踪 30 多人。

### 1.2.1 建筑概况

新日本饭店于 1960 年春建成,地上 10 层,地下两层,总建筑面积为 46690m<sup>2</sup>,容纳 3575 人。饭店原设置了自动火灾报警装置,在开业后,以防止误报、吵醒旅客为由,饭店擅自改为手动式,以致起火后未能及时报警,酿成大灾。

### 1.2.2 火灾发展情况

这次火灾是由于住在 9 楼客房的一位英国玩具推销员酗酒躺在床上吸烟引起的。8 日凌晨 3 时 20 分左右,饭店服务员闻到烟味,立即进行查找,发现 938 客房的门缝里冒出烟来,并听到房内传出咚咚敲门声和歇斯底里的呼救声,服务员便立即上前扭动把手,试图开门,但因无钥匙,门未打开,无奈只好跑到一楼,将发生的情况报告总服务台,他们带着钥匙,赶到 9 楼,打开该客房的门,只见浓烟卷着火舌窜出门来,迅速地扑向走道,服务员立即从消防栓箱里取水枪接上水带,试图扑灭火灾,但他们不懂操作方法,未能放出水。由于饭店内未采取防火分隔措施、未设置自动喷水灭火系统,火势很快蔓延扩大,熊熊的烈火,越烧越旺,迅速蔓延到第 10 层(顶层),浓烟、烈火交织在一起,喷出

窗外，把夜空照得通红。火灾除了竖井蔓延外，从烧坏的9层带形窗口喷出，烧碎10层的窗玻璃而进入室内，形成了内外同时蔓延之势。

### 1.2.3 主要经验教训

(1) 饭店不重视消防安全，消防设备极不完备，如应采取防火分隔措施，安装自动喷水灭火设备，但该饭店以经营亏损、负债重等为由，不予考虑，这是个严重教训。

(2) 该饭店原设置有自动火灾报警系统，擅自将自动火灾报警系统改成手动式，导致火灾发现晚，未能及时报警。在我国，极少数饭店也存在类似情况，有的干脆切断电源等，这种作法是极其错误的，应予纠正。

(3) 饭店服务人员不懂消防知识，对室内消火栓等简易灭火器材的使用缺乏实际训练，不能把火灾扑灭在初起阶段，这是较普遍的现象，应引以为戒。因此，高层旅馆等建筑，应普及消防知识，必须学会使用室内消火栓、简易灭火器的方法，防患于未然。

(4) 饭店的每个房间应有本层的疏散路线、出口平面示意图，走道及拐角处均应设置灯光疏散指示标志。该饭店没有考虑这些疏散设施，发生火灾时又未作诱导，人们惊慌失措，乱成一团，这是造成重大伤亡的不可忽视的原因，在设计中应予以认真考虑。

## 1.3 韩国汉城大然阁旅馆火灾

1971年12月25日，韩国汉城大然阁旅馆，由于2层咖啡馆液化石油气瓶爆炸起火，从起火层烧到顶层，建筑内装修、家具、陈设等全部烧光，死亡163人，伤60人，经济损失严重。

### 1.3.1 建筑概况

大然阁旅馆1970年6月建成。标准层平面为“L”形，每层面积近1500m<sup>2</sup>如图1-2。西部是公司办公用房，地下层是汽车库，1层是设备层，2层是2层是大厅，3~20层是办公室。东部是旅馆，1层是设备层，2层是2层是大厅和咖啡厅，3层是餐馆，4层是宴会厅，5层是设备层，6~20层是旅馆，共有客房223间。第21层是公共娱乐用层，每层的公司办公用房和旅馆部分是相互连通的，各设一座楼梯，共设8台电梯。

### 1.3.2 火灾发展情况

1971年12月24日上午10时许，楼内有200名旅客，70名旅馆工作人员，15名公司工作人员。旅馆部分二层咖啡厅因瓶装液化石油气泄漏引起火灾，火势迅猛(图1-3)。

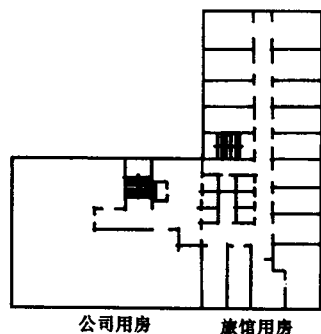


图 1-2 韩国汉城大然阁旅馆标准层平面

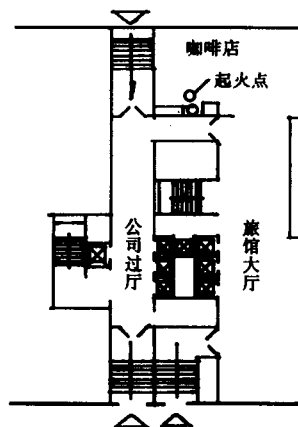


图 1-3 大然阁旅馆起火位置

猛烈的火焰使咖啡厅内 3 名员工，烧死在工作岗位上。店主严重烧伤后和其他 6 名员工逃出火场。火焰很快将咖啡厅和旅馆大厅烧毁，并沿 2~4 层的敞开楼梯蔓延到餐馆和宴会厅。浓烟火焰充满了楼梯间，封住了上部旅客和工作人员疏散的途径。管道井也向上传播着火焰。二层旅馆大厅和公司办公大厅的连接处，设置普通玻璃门，阻止不了火势的蔓延，导致公司办公部分也成火海。本来东、西部之间有一道厚 20cm 的钢筋混凝土墙，但每层相通的门洞未设防火门，成为火灾水平蔓延通道，使整幢大楼犹如一座火笼，建筑全部烧毁，仅 62 人逃离火场。

### 1.3.3 主要经验教训

(1) 关键部位未设防火门 如上所述，该大楼的旅馆区与办公区之间虽然用 20cm 厚的钢筋混凝土墙板，但相邻的两个门厅分界处未用防火门分隔，而采用了玻璃门，起不到阻火作用，却成了火灾蔓延的主要途径。

(2) 开敞竖井 大楼内的空调竖井及其它管道竖井都是开敞式的，并未在每层采取分隔措施，以致烟火通过这些管井迅速蔓延到顶层，目击者看到 21 层的公共娱乐中心很早就被火焰笼罩，全大楼很快形成一座火笼。

(3) 楼梯间设计不合理 楼梯间加快了竖向的火灾蔓延。旅馆部分 2~4 层是敞开楼梯，5 层以上是封闭楼梯。公司办公部分的楼梯也是一座敞开楼梯。旅馆部分 5 层以上是封闭楼梯，但由于没有采用防火门，从阻止烟火能力方面与敞开式楼梯基本相同。楼梯间没有按高层建筑防火要求设计，既加速了火灾的传播，又使起火层以上的人员失去了安全疏散的垂直通道。

(4) 不应使用瓶装液化石油气 本次火灾是使用液化石油气瓶爆炸引起的，足见在高层建筑中使用瓶装液化石油气的危险性。因为它的爆炸燃烧不仅引发了火灾，而且其爆炸压力波以及高温气流是火灾迅速蔓延的动力所在。

## 2 办公楼火灾

### 2.1 巴西焦玛大楼火灾

1974 年 2 月 1 日上午，巴西圣保罗焦玛大楼发生火灾，造成 179 人死亡，300 人受伤，经济损失 300 余万美元。

#### 2.1.1 建筑概况

焦玛大楼于 1973 年建成，地上 25 层，地下 1 层。首层和地下 1 层是办公档案及文件储存室。2~10 层是汽车库，11~25 层是办公用房。标准层面积为 585m<sup>2</sup>，设有一座楼梯和四台电梯，全部敞开布置在走道两边如图 1-4。建筑主体是钢筋混凝土结构，隔墙和房间吊顶使用的是木材、铝合金门窗。办公室设窗式空调器，铺地毯。

#### 2.1.2 火灾发展情况

1974 年 2 月 1 日上午 8:50，第 12 层北侧办公室的窗式空调器起火。窗帘引燃房间吊顶和可燃隔墙，房间在十多分钟就达到轰燃。9:10 消防队到现场时，火焰已窜出窗外，沿外墙向上蔓延，起火楼层的火势在水平方向传播开来。烟、火充满了唯一的开敞楼梯间，并使上部各楼层燃烧起来。外墙上的火焰也逐层向上燃烧。消防队到达现场后仅半个小时，大火就烧到 25 层。虽然消防局出动了大批登高车、水泵车和其它救险车辆，但消防队员无法到达起火层进行扑救。10:30，12~25 层的可燃物烧尽之后，火势才开始减

弱。

### 2.1.3 主要经验教训

焦玛大楼火灾造成惨重的人员伤亡和极大的经济损失，设计工作者应从中吸取教训。

(1) 楼梯间设计不当，是造成众多人员伤亡的一个主要原因。总高度约 70m 集办公和车库成一体综合性高层建筑，从图 1-4 层标准层平面看，楼梯和电梯敞开在连接东、西两部分的走道上，是极其错误的。高层建筑的楼梯间应设计为防烟楼梯间。焦玛大楼的楼梯宽度是 1.2m，满员时，每层为 70 人，第 11~25 层的总人数约为 1060 人。按加拿大有关研究机构的研究结果，这幢建筑里的人用 20min，即可通过楼梯疏散出来。何况火灾时楼内人员在 700 人左右，所用的时间还会低于 20min。

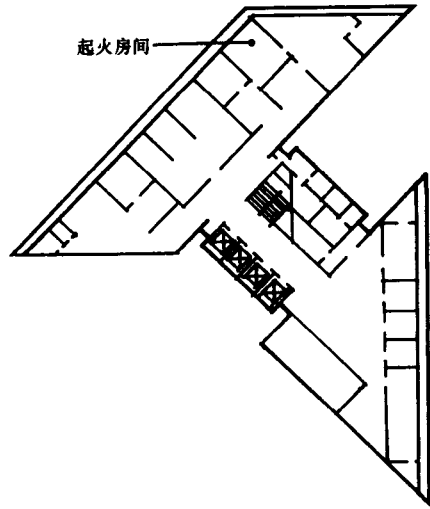


图 1-4 巴西圣保罗市焦玛大楼标准层平面示意

(2) 焦玛大楼火灾失去控制的重要原因，在于消防队员无法达到起火层进行火灾扑救。因为建筑设计中，没有设置消防电梯。消防电梯可保证在发生火灾情况下正常运行而不受火灾的威胁，电梯厅门外有一个可阻止烟火侵袭的前室，并以此为据点可开展火灾扑救。由于设计上没有这样考虑，消防队到达现场后，只能望火兴叹，一筹莫展。

(3) 焦玛大楼是钢筋混凝土结构的高层建筑，但隔墙和室内吊顶使用的木材是可燃的。初期火灾不能及时扑灭，可燃材料容易失去控制而酿成大灾。可见选材不当所造成的严重后果。这是建筑设计中应该认真记取的经验教训。焦玛大楼火灾当天 8:50 听到窗式空调器发出爆裂声，查看时发现窗式空调器起火，关掉电源没能中止燃烧，当即用灭火器扑救不起作用。假如隔墙使用不燃烧体材料，初期火灾还是可以限制在一定范围内的。

(4) 火灾时因消防设备不足，缺少消防水源，导致火灾蔓延扩大。焦玛大楼无自动和手动火灾报警装置和自动喷水灭火设备，无火灾事故照明和疏散指示标志；虽然设有消火栓给水系统，但未设消防水泵，也无消防水泵接合器。

(5) 狭小的屋顶面积，不能满足直升飞机救人的要求，是这次火灾暴露的又一个教训。为抢救屋顶上的人员，当局虽出动了民用和军用直升飞机，但在浓烟烈火的燎烤下，直升飞机无法安全接近和停降在狭小的屋顶上救人，以致疏散到屋顶的人员不能安全脱险，有 90 人死于屋顶，在火灾平息后，直升飞机从北部较大的屋顶降落，救出幸存的 81 人。

## 2.2 北京中国国际贸易中心火灾

1989 年 3 月 1 日零时许，中国国际贸易中心塔楼的宴会厅发生火灾，大火燃烧了 2h 以上，经济损失 20 余万元。

### 2.2.1 建筑概况

该中心位于北京建国门外大街和东三环十字路口的西北角上，占地总面积  $12 \times 10^4 \text{m}^2$ 。该中心由国际贸易中心塔楼、展览厅和陈列室、会议厅和谈判室、餐厅和商店、



四季厅办公楼、国际宾馆、国际公寓、信息中心等建筑组成。发生火灾的中心塔楼共 39 层，建筑高度 156.4m。

### 2.2.2 火灾发展情况

中心塔楼的柱、梁等承重构件采用钢结构，喷涂 LG 钢结构防火涂料，涂层厚 2.5cm，耐火极限 2h。着火之时，该办公塔楼正处于室内装修阶段，宴会厅（800m<sup>2</sup>）堆了大量保温用的玻璃棉（纸箱包装）。由于火焰温度高，将现浇钢筋混凝土楼板的保护层烧裂脱落，最深脱落达 4~5cm，唯独钢结构防火喷涂材料只有少量裂缝，均未脱落，经鉴定，钢结构（柱、梁）强度没有大的影响。事后将部分涂料铲除，重新喷涂新涂料。经分析，火灾是电线短路或者乱扔烟头引起的。

北京消防部门接到报警后，先后派出十几辆消防车赶到火场，于 3 时半将火灾基本扑灭。

### 2.2.3 主要经验教训

(1) LG 钢结构防火涂料经受住了火灾的考验，是可靠的，可以推广采用。

(2) 大楼在整个施工阶段，尤其进入室内装修阶段，必须加强安全制度的实施，不能松懈麻痹。

(3) 施工用的电缆、电线严禁损伤，损坏，必须严格管理，防止发生事故。

## 3 商场火灾

### 3.1 沈阳商业城火灾

1996 年 4 月 6 日凌晨 1 时 57 分左右，号称亚洲第一、中国之最佳的沈阳商业城发生了火灾，损失严重，建国以来全国商场火灾的最高记录。

#### 3.1.1 建筑概况

沈阳商业城位于沈阳市沈河区中街 212 号，始建于 1988 年 7 月 15 日，于 1991 年 12 月 28 日开始营业。商业城建筑长 120m，宽 100m，总建筑面积 6.9 万 m<sup>2</sup>，商场营业面积 4.2 万 m<sup>2</sup>，商业城共 8 层，其中地上 6 层，地下 2 层，建筑高度 34.8m；1 至 6 层为商场，地下 1 层为停车场，地下 2 层为商品仓库。商业城呈回字形平面，中庭长 45m，宽 26m，面积达 1170m<sup>2</sup>，中庭顶部为半球面玻璃顶。在大楼和中庭四角分别设有 12 樘门，8 台楼梯、5 台自动扶梯、7 台电梯，其中有 2 台消防电梯，可直通地下车库和仓库。

#### 3.1.2 火灾发展情况

据调查，火灾从商业城一楼西北角商场办公室烧出，烧穿了板材隔墙，烧到了营业柜台、中庭。当夜风力 6 级，风助火威，火很快在中庭内升腾起来，从 1 层窜到 6 层。火灾高温烤爆了中庭半球顶的玻璃，火光冲天。燃烧物借风力升腾飞窜，烈火通过窗户、中庭、炸裂的玻璃幕墙不断向外喷出，在短时间内使商业城陷入一片火海。

在火灾中，商业城内原设置一流的自动报警装置、自动洒水灭火装置以及自动防火卷帘等，均未能发挥一点作用。

凌晨 2 时 24 分，沈阳市消防支队接到附近群众报警后，在 10min 内有 30 多辆消防车到场，并增加到 50 多辆。然而，大火已进入旺盛期，熊熊烈火已充满整个商业城空间，辐射热使消防队员无法靠近灭火。现场的 3 部云梯车载着消防队员向火场射水，20 支水枪同时射水打击火势。但是，由于用水量大，水网供不应求，火场时而出现断水情况，即

使不断水，杯水车薪，难以迅速扑灭，6:30左右，大火被控制，上午10时许，扑灭残火。最后保住了商业城地下一、二层，商场金库以及相邻的盛京宾馆。经过6个小时大火焚烧，沈阳商城地上6层只剩下了钢筋混凝土框架。

### 3.1.3 主要经验教训

(1) 沈阳商业城大火虽然持续了6个小时，但由于主体结构采用了钢筋混凝土框架结构，大火扑灭之后，主体结构基本完好，各种设备及围护结构（门窗、隔墙、幕墙）等均被烧毁。由此可见，对于重要的商业建筑，用钢筋混凝土框架结构的一级耐火建筑，是具有充分的耐火能力的。

(2) 沈阳商业城设有一流的自动报警、自动喷淋、防火卷帘、防火防盗监控装置。然而这些先进的设备在火灾时没有发挥作用，以致大火成灾。由于1996年1月份，商业城1层自动喷水灭火系统个别喷头和水管阀门冻坏漏水，而将自动喷水灭火系统的第1层全部和第3层部分供水管道阀门关闭，1993年3月将自动报警系统集中控制器关闭（因故障），故火灾前自动喷水和自动报警系统均处关闭状态。长期不进行联动操作试验，更未对职工进行防火与扑救初期火灾的训练，导致巨额投资的现代化消防设备在大火烧来之时成为摆设，最终连这些设备也葬身火海。这起火灾很重要的教训是：消防设备不能装设了就算完事，而更重要的是要加强设备的管理，使它始终保持完好有效。

(3) 沈阳商业城于1991年12月28日开业，是在没有得到消防主管部门验收合格的情况下强行开业的。为此，消防部门曾做过劝阻工作，多次向商业城发出火险隐患整改通知书，召开现场办公会，直到火灾发生，问题依然。所以，未经验收合格不得开业，发现火险隐患不进行整改不得继续营业，是防止恶性火灾事故必须坚持的制度。

(4) 商业建筑设计中庭，可以使顾客赏心悦目，豪华大方。但如果设计、使用不当，也会助长火势的蔓延。中庭建筑设计，是建立在火灾必须控制在初期阶段的前提下的，否则，中庭将会导致火灾扩大。此外，各种销售柜台可燃商品布置在中庭的周边，有的甚至将巨幅广告条幅从屋顶一直垂到底层，一旦火灾突破防火分区，很快经中庭形成立体火灾，并失去控制。因此，对中庭商业建筑的防火问题，还应进行认真地研究、认真地防范。

## 3.2 北京玉泉营环岛家具城火灾

1998年5月17日，北京玉泉营环岛家具城发生火灾。火灾从家具城的北厅烧起，由于未做防火分隔，导致17000m<sup>2</sup>的家具城全部烧毁，直接经济损失为2087.7万元。

### 3.2.1 建筑概况

玉泉营环岛家具城是大空间建筑，内部未设置防火分区及防火分隔物。

### 3.2.2 火灾发展情况

经鉴定，这起火灾是由电铃线圈过热引燃周围可燃物而引发的。线圈首先烤燃了其外面包裹的牛皮纸、塑料布及底座，火星落到沙发上，引起快速燃烧。由于展销的家具密集，造成火灾迅速扩大。由此可见，低劣的电气产品的严重危害。

### 3.2.3 主要经验教训

(1) 对大型建筑空间防火重要性认识不足，对大空间火灾的特殊性重视不够，在防火安全设计方面有严重缺陷，17000m<sup>2</sup>的营业厅未设防火分区，违反了有关防火规范的规定。

(2) 对钢结构防火保护设计重视不够，耐火极限不符合规范要求。

(3) 消防设备不配套，未设事故备用电源；火灾发生时，火灾报警设备尚未安装；自动洒水灭火系统虽然已经安装，但因没有事故电源，正常供电停止后不能工作，被火灾烧毁。

### 3.3 唐山林西商场火灾

#### 3.3.1 火灾发展情况

1993年2月14日下午1时15分左右，唐山市东矿区的林西百货商场发生火灾。商场为三层建筑，营业面积为2980m<sup>2</sup>。火灾是由于建筑物改造过程中违章进行电焊溅落的火星引燃了海绵床垫引起的。附近的营业员发现后，找来一只灭火器，但不会使用，致使未能控制初期火灾。营业员想报警，但大楼的电话被锁住，只好到附近一家商店打119报警，而此时火势已相当大了。大火延续了3个多小时才基本扑灭。火灾中死亡80人，伤53人，直接经济损失约401万元。

失火时，商场首层的家具营业部正在进行改造。为了在顶棚进行扩建，凿开了多个孔洞，并一边施工一边营业。当天上午11时左右，电焊火花曾引燃了营业部办公桌上的纸盒，被营业员扑灭了。但这一火情仅过了1个多小时，施工人员再次动用电焊，火星落在一人多高的海绵床垫上，从而引发了这起损失惨重的火灾。

#### 3.3.2 主要经验教训

(1) 商场违章装修是引发火灾的直接原因。家具营业厅内存放着大量易燃物品，在这种情况下动用明火必须采取保护措施。施工队在未采取任何保护措施的情况下又让没有电焊技术的民工进行作业，引起了火灾。

(2) 商场无防火、防烟分区是造成人员严重伤亡的重要原因。起火点处堆放50余床海绵床垫和40余捆化纤地毯，使火灾发展迅速。大楼装修使用大量的木质材料，使营业厅内形成猛烈燃烧，加之楼板上开洞，火灾仅十几分钟就由首层烧到了三层，楼梯间成了蔓延烟火的“烟囱”。

(3) 出入口数量不足，是造成人员伤亡的原因之一。火灾中一层的出口被烟火封住，二、三层的人员无法逃出，很快被火灾产生的有毒烟气窒息。

## 4 工业建筑火灾

### 4.1 香港大生工业楼火灾

1984年9月11日7时21分许，香港大生工业楼8层的一家塑胶厂发生重大火灾。大火从8层楼烧到16层（顶层），直至14日凌晨3时46分才被扑灭，前后共连续焚烧了68个小时，损失1000万港币以上，被称为“破记录的长命大火”。

据专家们分析，这场火灾延烧时间长，损失严重，其原因主要有：

- ① 原料、成品量大，而且大多是可燃物；
- ② 每层面积大，没有采取有效的防火分隔措施；
- ③ 竖向管井（如管道井、电缆井等）没有采取分隔措施，成了火势蔓延的通道；
- ④ 灭火设施太差，自救能力不强。这些教训，在设计中值得吸取。

### 4.2 深圳市安贸危险品储运公司清水河仓库火灾

#### 4.2.1 火灾发展情况

1993年8月5日13时15分左右，深圳市安贸危险品储运公司清水河仓库4号库发生火灾，进而引起爆炸，爆炸又促使火灾扩大蔓延，前后共发生2次大爆炸和7次小爆炸，18处起火燃烧。为扑救火灾，共调用132辆消防车，1100多名消防队员，6日16时左右基本控制了大火，8日22时完全扑灭残火。这场火灾伤亡837人，其中死亡18人，重伤136人，烧毁、炸毁建筑39000m<sup>2</sup>及大量化学物品，直接经济损失约2.5亿元。

#### 4.2.2 火灾原因

导致火灾的直接原因是库内将过硫酸铵、硫酸钠等化学危险品混储，由于化学反应而起火成灾。

#### 4.2.3 主要经验教训

(1) 普通物资（丙类固体）库房改储化学危险物品，库房未作相应的改造，未采取相应的防火措施，未增设灭火设备，导致火灾失控。

(2) 仓库位于市区，改作危险品库房后，严重威胁城市安全；库房改储化学危险品后，库区防火间距不符合规范要求。

(3) 消防设施不配套，不完善，消防水池无水，消火栓水压过低，缺乏基本的灭火器材等，最终造成近年来损失最大的火灾。

从以上几个火灾案例中，我们可以看到以下几个特点：

① 未熄灭的烟头、厨房用火及电气着火等是建筑火灾中最主要的火源。

② 木材、液体或气体燃料、油类、家具纸张等最易被引燃。

③ 办公室、客房、厨房是发生火灾较多的部位。

④ 不做防火分区、防烟措施不当、楼梯开敞、吊顶易燃是火灾扩大蔓延的主要原因。

## 第2节 建筑火灾知识

### 1 可燃物及其燃烧

不同形态的物质在发生火灾时的机理并不一致，一般固体可燃物质在受热条件下，内部可分解出不同的可燃气体，这些气体在与空气中的氧气进行化合时，遇明火即着火。固体用明火点燃，能发火燃烧时的最低温度，就是该物质的燃点。表1-1列出了几种常用可燃固体的燃点。

一些固体能自燃，如木材受热烘烤自燃，粮食受湿发霉生热，在微生物作用下自燃。有些固体在常温下能自行分解，或在空气中氧化导致自燃或爆炸，如硝化棉、黄磷等；有些固体如钾、钠、电石等遇水或受空气中水蒸气作用可引起燃烧或爆炸等。

一些可燃液体随液体内外温度变化而有不同程度的挥发，挥发快者可燃的危险性大。可燃液体蒸气与空气混合达到一定浓度，遇明火点燃，呈现一闪即灭，这种现象叫闪燃。出现闪燃的最低温度叫闪点。闪点是易燃、可燃液体起火燃烧的前兆。常见的几种易燃、可燃液体的闪点见表1-2。

从表1-2可以看出：许多液体的闪点都是很低的，把闪点小于等于45℃的液体称为易燃液体，将闪点大于45℃的液体称为可燃液体。

可燃蒸气气体或粉尘与空气组成的混合物，达到一定浓度时，遇火源即能发生爆

可燃固体的燃点 表 1-1

名称	燃点 (°C)	名称	燃点 (°C)
纸张	130	粘胶纤维	235
棉花	150	涤纶纤维	390
棉布	200	松木	270~290
麻绒	150	橡胶	130

液体的闪点 表 1-2

液体名称	闪点 (°C)	液体名称	闪点 (°C)
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
氯乙烷	-38	甲苯	+1
二氯乙烷	+21	甲醇	+7

炸。爆炸时的最低浓度称为爆炸下限。遇火源能发生爆炸的最高浓度，称为爆炸上限。浓度在下限以下的时候，可燃气体、易燃、可燃液体蒸气、粉尘的数量很少，不足以发火燃烧；浓度在下限和上限之间，即浓度比较合适时遇明火就要爆炸；超过上限则因氧气不足，在密闭容器内或输送管道内遇明火不会燃烧爆炸。

表 1-3 是可燃气体、易燃、可燃液体蒸气的爆炸下限。

可燃气体、易燃、可燃液体蒸气爆炸下限 表 1-3

名称	爆炸下限 (% 容积)	名称	爆炸下限 (% 容积)
煤油	1.0	丁烷	1.9
汽油	1.0	异丁烷	1.6
丙酮	2.55	乙烯	2.75
苯	1.5	丙烯	2.0
甲苯	1.27	丁烯	1.7
二硫化碳	1.25	乙炔	2.5
甲烷	5.0	硫化氢	4.3
乙烷	3.22	一氧化碳	12.5
丙烷	2.37	氢	4.1

## 2 火灾的发展过程

建筑室内发生火灾时，其发展过程一般要经过火灾的初期、旺盛期、衰减期三个阶段，如图 1-5 所示。

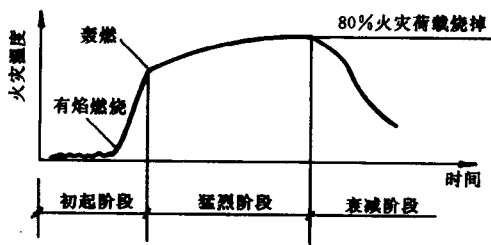


图 1-5 火灾的发展过程

### 2.1 初期火灾

当火灾分区的局部燃烧形成之后，由于受可燃物的燃烧性能、分布状况、通风状况、起火点位置、散热条件等的影响，燃烧发展一般比较缓慢，并会出现下述情况之一：

(1) 当最初着火物与其它可燃物隔离放置时，着火源燃尽，而并未延及其它可燃物，导致燃烧熄灭。此时，只有火警而未成灾。

(2) 在耐火结构建筑内，若门窗密闭，通风不足时，燃烧可能自行熄灭；或者受微弱通风量的限制，火灾以缓慢的速度燃烧。

(3) 当可燃物及通风条件良好时，火灾能够发展到整个分区，出现衰燃现象，使分区内的所有可燃物表面都出现有焰燃烧。

以木垛（木条垛）为火源，进行分区内火灾实验，测定的热辐射结果如图 1-6 所示。

当火焰到达顶棚后，其表面积急剧增大，迅速把高温烟气覆盖于整个顶棚面上。由此对分区内各点的辐射热通量也迅速增大，致使墙壁、地面及分区内其他可燃物进入热分解阶段，为发展到轰燃提供了条件。

初期火灾的持续时间，即火灾轰燃之前的时间，对建筑物内人员的疏散，重要物资的抢救，以及火灾扑救，都具有重要意义。若建筑火灾经过诱发成长，一旦达到轰燃，则该分区内

未逃离火场的人员，生命将受到威胁。国外研究人员提出如下不等式：

$$t_p + t_a + t_{rs} \leq t_u \quad (1-1)$$

- 式中  $t_p$ ——从着火到发现火灾所经历的时间；  
 $t_a$ ——从发现火灾到开始疏散之间所耽误的时间；  
 $t_{rs}$ ——转移到安全地点所需的时间；  
 $t_u$ ——火灾现场出现人们不能忍受的条件的时间。

现在，利用自动火灾报警可以减少  $t_p$ ，而且在大多数情况下，效果比较明显。但在住人员能否安全地疏散，则取决于火灾发展的速度，即取决于  $t_u$ 。很显然，在评价某一分区的火灾危险性时，轰燃之前的时间是一个重要因素。这段时间延缓的越长，就会有更长的时间发现和扑灭火灾，并可以使人员安全撤离。

从防火的角度来看，建筑物耐火性能好，建筑密闭性好，可燃物少，则火灾初期燃烧缓慢，甚至会出现窒息灭火，有“火警”而无火灾的结果。从灭火角度来看，火灾初期燃烧面积少，只用少量水或灭火器就可以把火扑灭，因而是扑救火灾的最好时机。为了及早发现并及时扑灭初期火灾，对于重要的建筑物，最好能够安装自动火灾报警和自动灭火设备。

## 2.2 轰燃

轰燃是建筑火灾发展过程中的特有现象。是指房间内的局部燃烧向全室性火灾过渡的现象。

国外火灾理论专家为了探明轰燃发生的必要条件，在 3.64m×3.64m×2.43m（长×宽×高）的房间内进行了一系列实验。实验以木质家具为燃烧试件，并在地板上铺设了纸张。以家具燃烧产生的热量，点燃地板上的纸张来确定全室性猛烈燃烧的开始时间，即出现轰燃的时间。通过实验得出的结论是：地板平面上发生轰燃须有 20kW/m<sup>2</sup> 的热通量或吊顶下接近 600℃ 的高温。此外，从实验中观察到，只有可燃物的燃烧速度超过 40kg/s 时，才能达到轰燃。同时认为，点燃地板上纸张的能量，主要是来自吊顶下的热烟气层的辐射，火焰加热后的房间上部表面的热辐射也占有一定比例，而来自燃烧试件的火焰相对较少。

### 2.2.1 轰燃时的极限燃烧速度

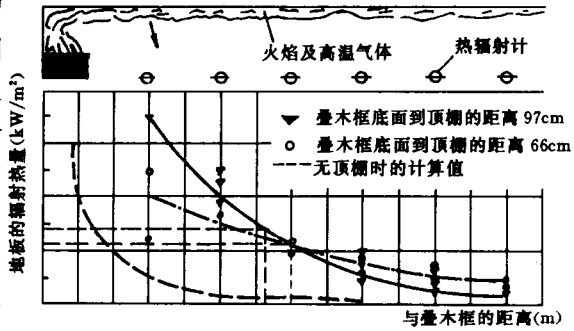


图 1-6 烟层对地面的辐射热

为了研究轰燃时的极限燃烧速度，我们先用本节将要详细讨论的一个问题的结论，即室内木垛火灾在通风控制的条件下，其燃烧速度（质量）由下式给出：

$$m = kA_w H^{\frac{1}{2}} \quad (\text{kg/s}) \quad (1-2)$$

式中  $m$ ——以质量消耗表示的燃烧速度 (kg/s)；

$A_w$ ——通风开口的面积 (m<sup>2</sup>)；

$H$ ——通风开口的高度 (m)；

$k$ ——常量，约为 0.09 (kg/m<sup>3/2</sup>·s)；

$A_w H^{\frac{1}{2}}$ ——通风参数。

在 2.9m×3.75m×2.7m 的房间内，进行燃烧木垛的火灾实验。燃烧速度是通过称量可燃物的重量而进行连续监控的。以燃烧速度  $m$  为纵坐标，通风参数  $A_w H^{\frac{1}{2}}$  为横坐标，整理实验结果如图 1-7 所示。可以发现，这些实验中火灾的轰燃（吊顶下烟气层温度超过 600℃，火焰从开口或缝隙处喷出）出现在一个确定的区域内，即图 1-7 中阴影部分内。根据实验研究，得出了出现轰燃现象的极限燃烧速度的经验公式如下：

$$m_{\text{极限}} = 500 + 33.3A_w H^{\frac{1}{2}} \quad (\text{kg/s}) \quad (1-3)$$

实验中发现，如果燃烧速度小于约 80kg/s 时，木垛火灾就不会出现轰燃，可见木垛火灾出现轰燃的燃烧速度，是纸张出现轰燃燃烧速度的 2 倍。而且，当通风参数  $A_w H^{\frac{1}{2}}$  值小于 0.8m<sup>1/2</sup> 时，也不会出轰燃。

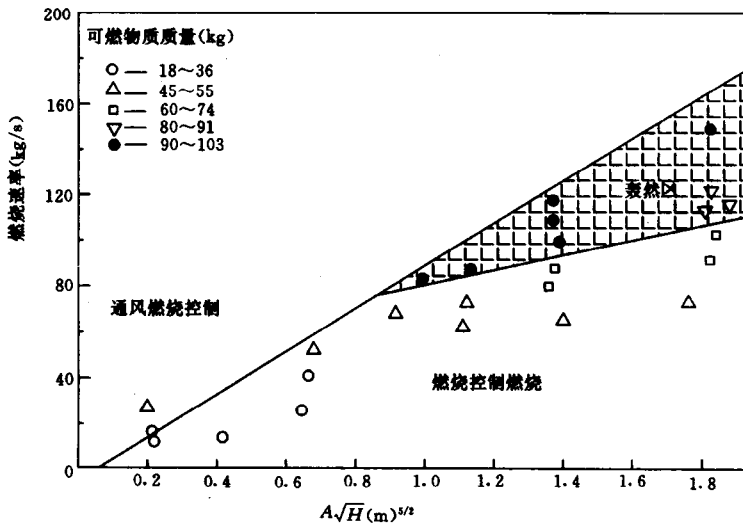


图 1-7 室内火灾燃烧速度与通风参数

图 1-7 中的阴影区表示火焰从门口喷出和吊顶处烟层温度  $\geq 600^\circ\text{C}$ 。

上述研究证明，燃烧速度必须超过一个极限值，而且很可能要维持一段时间后，才能发生轰燃。从实验中观察到，可燃家具在燃烧速度很高时，就会发生轰燃，例如，在高度为 2.8m 的房间，燃烧一个聚氨酯泡沫的椅子，280s 后即达到轰燃（地板上的热通量为 20kW/m<sup>2</sup>，最大燃烧速度为 150kg/s），皮革椅子会出现 112kg/s 的最高燃烧速度，很快

就达到轰燃指标。

### 2.2.2 轰燃时的临界放热速度

根据托马斯等人关于轰燃表示了一个热不稳定性的观点，人们进行了火灾模型试验研究，并提出了计算轰燃临界放热速度的实验公式。

$$Q_{FO} = 610(h_k A_T A_W H^{\frac{1}{2}})^{\frac{1}{2}} \quad (\text{kW/s}) \quad (1-4)$$

式中  $h_k$ ——有效热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ;

$A_T$ ——火灾房间的内表面积 ( $\text{m}^2$ );

$Q_{FO}$ ——在吊顶下产生大约  $500^\circ\text{C}$  的热烟层所需的放热速度 ( $\text{kW/s}$ )。

利用公式 (1-4)，可以对实际房间发生轰燃所必须具备的火灾规模，做出比较保守的估计，为此，还要掌握有关物质和建筑中常见物品在燃烧时的放热速度。

实验证明，临界放热速度  $Q_{FO}$  是随起火点位置的变化而变化的，如表 1-4 所示。

### 2.2.3 影响轰燃的因素

$Q_{FO}$  随着火灾位置的变化 表 1-4

(房间  $3\text{m} \times 3\text{m} \times 2.3\text{m}$ )

起火点位置	$Q_{FO}$ ( $\text{kW/s}$ )
在中心	475
靠近墙壁	400
在一角	340

为了掌握影响轰燃的因素，人们进行了大量实际规模的建筑火灾实验和模型试验，发现轰燃的出现，除了前述建筑物及其容纳物品的燃烧性能、起火点位置之外，还与内装修材料的厚度、开口条件、材料的含水率等因素有关。图 1-8 是内部装修为  $5.5\text{mm}$  的胶合板，

火源木垛长度为  $18\text{cm}$  时，不同开口率与轰燃时间的关系。图 1-9 是内部装修难燃胶合板，厚度为  $5.5\text{mm}$ ，火源木垛长度为  $18\text{cm}$ ，可燃物的含水率不同时与轰燃时间的关系。

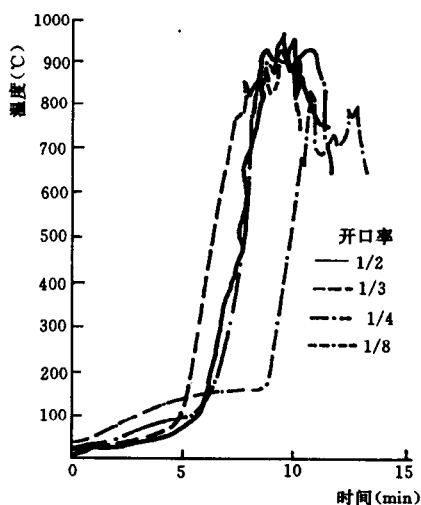


图 1-8 开口率与轰燃时间

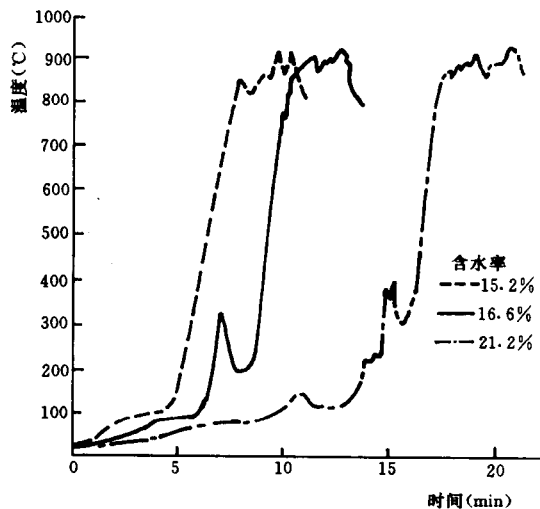


图 1-9 材料含水率与轰燃时间

## 2.3 分区火灾的旺盛期

室内火灾经过轰燃后，整个房间立即被火焰包围，室内可燃物的外露表面全部燃烧起来。由于轰燃之际门、窗玻璃已经破坏，为火灾提供了比较稳定的、充分的通风条件，所以，在此阶段的燃烧将发展到最大值，并且可产生高达  $1100^\circ\text{C}$  左右的高温。在此高温下，



房间的顶棚及墙壁的表面抹灰层发生剥落，混凝土预制楼板、梁、柱等构件也会发生爆裂剥落的破坏现象，在高温热应力作用下，甚至发生断裂破坏。在此阶段，铝制品的窗框被熔化，钢窗整体向内弯曲，无水幕保护的防火卷帘也向加热一侧弯曲。

火灾旺盛期随着可燃物的消耗，其分解产物渐渐减少，火势逐渐衰减。室内靠近顶棚处能见度渐渐提高；只有地板上堆集的残留可燃物，如大截面木材、堆放的书籍、棉制品等，还将持续燃烧。

本节主要讨论耐火结构建筑火灾旺盛期的燃烧速度和温度。

### 2.3.1 火灾旺盛期的燃烧速度

在 20 世纪 40 年代末，日本的川越和关根等学者，为了对室内火灾的状态进行系统的研究，对实际房间和小模型房间进行了多种实验。在实验中，设定不同通风开口面积，测定室内可燃物——木垛的燃烧速度。为了导出燃烧速度与开口面积的关系，首先提出如下假设：

假设：

- (1) 可燃物是纤维系列材料组成的；
- (2) 燃烧速度是由开口处的通风量控制的，即通风控制型火灾；
- (3) 火灾分区内气体温度是均匀的。

这样，所研究的火灾分区就简化为如图 1-10 所示的研究模型。若火灾分区内部与外部压力为已知，则在开口处流出和流进的气体流量，可由伯努利方程计算。

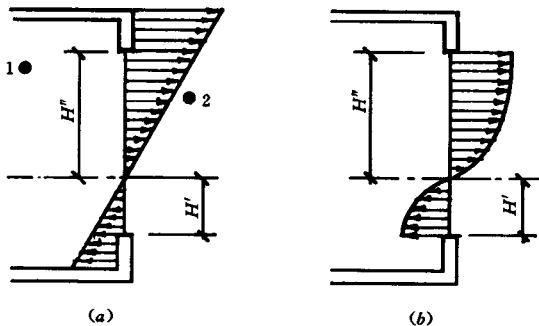


图 1-10 燃烧速度计算模型  
(a) 压力分布；(b) 空气流速分布

1 点（如图 1-10 中点 1），则该点的压力为：

$$P_1 = P_0 - \rho_F g y \quad (1-5)$$

式中  $P_0$ ——中性面处（即  $y=0$  处）的压力；  
 $\rho_F$ ——火灾分区的气体密度。

在通风开口外边点 2 处，涌流出的气体压力等于该平面处的大气压力，即：

$$P_2 = P_0 - \rho_0 g y \quad (1-6)$$

式中  $\rho_0$ ——室外空气密度。

建立关于点 1 与点 2 的伯努利方程：

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} \quad (1-7)$$

式中  $v_1$ 、 $v_2$ ——点 1 和点 2 处的水平流速。

当分区内各处温度均匀时，就没有浮力，因而也不会有气流运动，故  $v_1=0$ ，把公式 (1-5)、(1-6) 代入公式 (1-7) 中，可得：

$$\frac{P_0 - \rho_1 g y}{\rho_1} = \frac{P_0 - \rho_0 g y}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} \quad (1-8)$$

假设从开口流经点 2 处的气体与点 1 处具有相同的温度，则有  $\rho_1 = \rho_2$ ，代入 (1-8)，并整理得：