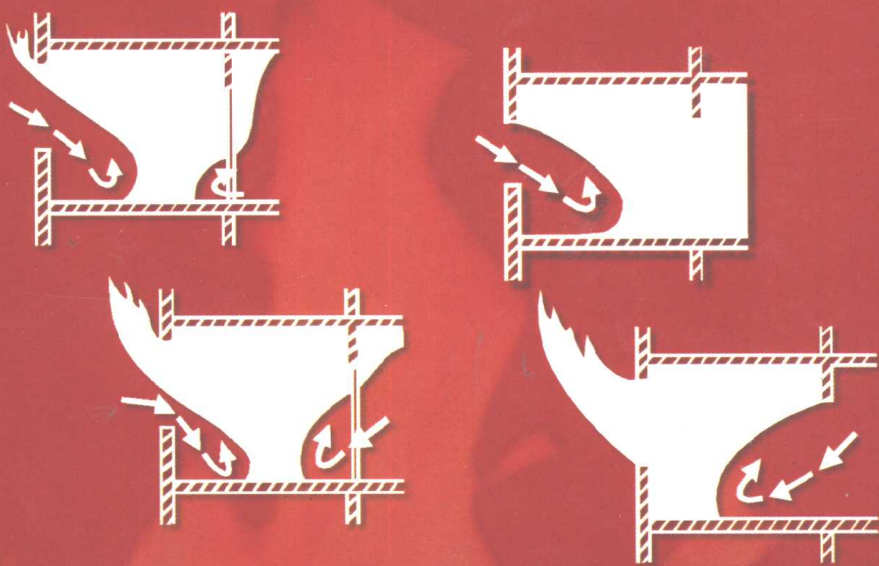


混凝土结构的火安全设计

董毓利 编著



科学出版社

TU370.4
2001368

混凝土结构的火安全设计

董毓利 编著

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书以混凝土的火安全设计为中心,并叙述了与其相关的内容。具体内容包括室内火灾特性、建筑构件的火灾试验、各种建筑材料的物理力学性能、建筑构件和结构的耐火极限计算、建筑结构火灾温度确定、混凝土结构的火灾反应以及火灾后混凝土结构的评估与维修。

本书读者对象为建筑工程设计人员及土木建筑专业师生。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构的火安全设计/董毓利编著. —北京:科学出版社, 2001

ISBN 7-03-008747-X

I. 混… II. 董… III. 混凝土结构-耐火-结构设计 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 68299 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

丽泽印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 4 月第 一 版 开本:850×1168 1/32

2001 年 4 月第一次印刷 印张:8 5/8

印数 1—2 000 字数:225 000

定价:18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

前 言

在我进入大学的第二个学期，1983年4月17日的下午，哈尔滨市道里区河图街小区发生了一场罕见的大火。大火首先是从某木材加工厂家属宿舍烧着的，由于天气干燥再加上风力很大，同时还因为在各家都堆有很多刨花等易燃物，火势很快就蔓延到附近其他楼房。尽管抽调了大量的消防车前来营救，终因各种原因大火还是烧了十几个小时。等大火熄灭后，数千人无家可归，烧过的废墟上一片狼藉，自行车只剩下扭曲的车圈和车架，沙发只剩下烧锈的弹簧，木门窗没有了，有些结构也被烧塌了，其惨状现在想来都还历历在目。虽然后来每年都有有关火灾的新闻报道，但从那时起，我第一次真正认识到了火灾的危险性及其危害，后来随着专业课的学习，越发对火安全性有了浓厚的兴趣。很荣幸的是我在1995年第一站博士后出站时，被中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室接收为第二站博士后研究人员，从那时起便开始了建筑结构的火灾行为与灾后处理方面的研究工作。

与世界大多数国家一样，目前我国耐火设计并不通过计算而是在确定建筑物耐火等级后，根据耐火等级选择承重构件的耐火极限和燃烧性能，以保证结构的耐火稳定性。这种方法有时失之经济，有时又失之安全，并非先进、可靠。作为交叉学科，火灾科学和火安全工程已得到了长足的发展，近年来，各国学者已对各种构件和整体结构在火灾时的性能进行了大量试验，有的采用标准温时曲线、有的采用自然火灾温时曲线进行试验，因而对混凝土结构的各种高温性能已基本有所了解。在试验基础上相继提出了多种模拟上述结构和构件高温行为的力学模型，同时对建立模型所必须的各种材料的高温本构关系和破坏准则也进行了比较

充分的研究。本书就是在总结国内外最新研究成果的基础上，结合作者近年来的研究成果写成的。全书共分八章，第一章介绍了建筑物室内火灾特点，包括初始增长阶段和充分发展阶段的火灾特点；第二章介绍了建筑构件标准火灾试验和自然火灾试验，并就二者关系进行了讨论；第三章对混凝土、钢、木材、砖和石膏等材料在常温和高温下的物理力学性能进行了介绍；第四章介绍了自然火灾演化过程与整体火安全性概念，以及防止火蔓延的建筑设计 and 火安全设计的一般概念；第五章阐述了建筑构件和结构耐火极限计算的规则和相关公式、对主要构件火灾行为的要求等；第六章在给出热传导方程解析解的基础上，介绍了确定建筑结构火灾温度常用的有限差分法和有限元方法；第七章介绍了各种构件和结构火灾反应和相应的约束作用；最后一章则介绍了火灾后混凝土结构的评估与维修，包括现场勘察、高温后材料性能、材料和结构性能的检测方法、损伤的评估与分类以及维修准则、维修方法等。

本书的很多工作是在范维澄教授、王清安教授指导下完成的，在此向他们表示感谢。同时感谢青岛建筑工程学院张连德教授、杨成仁教授和中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室杨立中博士等的帮助和支持。感谢教育部国家重点实验室访问学者基金的资助。

由于作者水平有限，书中难免存在这样那样的错误和不足，敬请专家学者指正。

董毓利

2000年6月18日

目 录

第一章 建筑室内火灾特性	1
§ 1.1 引言	1
§ 1.2 室内受限燃烧的特点	3
§ 1.3 室内火灾的初期增长阶段	7
§ 1.4 室内火灾的充分发展阶段	10
第二章 建筑构件的火灾试验	23
§ 2.1 建筑构件的标准火灾试验	23
§ 2.2 自然火灾试验	34
第三章 材料的物理力学性能	38
§ 3.1 混凝土	38
§ 3.2 钢	95
§ 3.3 木材	108
§ 3.4 砖	111
§ 3.5 石膏	112
第四章 火安全设计基本概念	115
§ 4.1 自然火灾演化过程与整体火安全性概念	115
§ 4.2 防止火灾蔓延的建筑设计	122
§ 4.3 火安全设计的一般概念	128
第五章 建筑构件和结构的耐火极限计算	137
§ 5.1 概述	137
§ 5.2 有关规则与推广公式	141
§ 5.3 经验、半经验公式与图解法	146
§ 5.4 对主要构件火灾行为的要求	152
第六章 建筑结构火灾温度确定	154
§ 6.1 基本概念	154
§ 6.2 热传导方程的解析解	159
§ 6.3 有限差分法	167

§ 6.4 有限元法	186
第七章 混凝土结构的火灾反应	205
§ 7.1 受弯构件	205
§ 7.2 受压构件	221
§ 7.3 框架	226
第八章 火灾后混凝土结构的评估与维修	227
§ 8.1 概述	227
§ 8.2 现场勘察	229
§ 8.3 高温后的材料性能	232
§ 8.4 材料和结构性能的检测方法	242
§ 8.5 损伤的评估	249
§ 8.6 损伤的分类	252
§ 8.7 维修准则	259
§ 8.8 维修方法	262
参考文献	266

第一章 建筑室内火灾特性

§ 1.1 引言

室内火灾是一种受限空间内的燃烧,是建筑物火灾的重要形式.发生室内火灾的原因很多,主要有以下几种:①生活与生产用火不慎;②电器设备失火;③玩火与吸烟;④可燃物自燃等.

室内火灾常常是从某种可燃固体着火开始的,在某种火源或热源的加热下,可燃物先发生阴燃,在条件合适时就变成了明火.明火的出现标志着燃烧速率大大增加,室内温度迅速升高,在可燃物上方形成向上流动的烟气羽流.羽流受到顶棚的阻挡,便会沿顶棚扩展开来,形成水平流动的烟气顶棚射流.若再受到竖直壁面的限制,烟气就会在顶棚下方形成逐渐增厚的热烟气层.当烟气层的厚度超过通风口上边缘顶棚的隔墙,部分烟气可从室内流出,或者流到外界环境中(如通过窗户),或者进入建筑物的走廊(如通过门).当火足够大时,这两种流出形式(尤其是后者)可导致火灾的蔓延,从而导致更大规模的火灾.

显然室内火灾受室内可燃物、火焰、烟气羽流、热气层(及顶棚射流)、壁面和通风口等因素的影响,它们之间存在复杂的相互作用,从而出现受限燃烧的特殊现象.室内平均温度是表征火灾燃烧强度的重要指标,人们常用这一温度随时间变化的情况描述室内火灾的发展过程,见图 1.1.虽然图中只给出了一条曲线,但它清楚表明室内火灾可分成三大阶段,即火灾的初期增长阶段、充分发展阶段和衰减阶段.在前两个阶段之间,有一个温度急剧上升的狭窄区,通常称为轰燃区,它是火灾发展的重要转折阶段.人们经常以此为界,将第一阶段称为轰燃前阶段,将第二阶段称为轰燃后阶段.下面简要说明一下各阶段的主要特征:

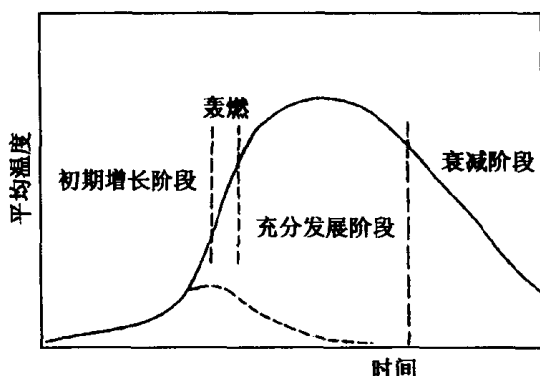


图 1.1 室内火灾发展的温-时曲线

(1)初期增长阶段.一般认为这一阶段从出现明火算起.开始火焰体积较小,燃烧状况与敞开环境中的燃烧差不多.随后火焰体积逐渐增大,不久壁面(即受限边界)便可对燃烧状况产生明显影响,这时室内的通风状况对火灾的后续发展具有重要作用.

如果室内通风足够好,允许火继续烧下去,则室内温度会迅速升高,并引起燃烧速率迅速增大,很快室内所有的常见可燃物都开始燃烧,火焰好像充满全室,这就是发生了轰燃.与火灾的其他阶段相比,轰燃所占的时间较短,因此有时不把它作为一个阶段看待,而仅认为是一个事件,如同点火那样的事件一样.

(2)充分发展阶段.进入本阶段后,室内的燃烧强度仍在增加,释放速率逐渐达到最大值,室内温度可超过 1000°C ,因而可以严重地损害室内设备,甚至造成建筑物部分或全部倒塌.高温火焰还常常卷着相当多的可燃气体从起火室窜出,使火焰蔓延到邻近的区域.这是火灾中最危险的阶段.

(3)衰减阶段.这是火灾逐渐减弱的阶段,由于室内可燃物的挥发分大量消耗,明火燃烧逐渐无法维持,室内只剩下一堆炽热的焦炭,它按固体炭燃烧的形式进行无焰燃烧,不过其燃烧速率已相当缓慢.一般认为火灾减弱阶段是从室内平均温度降到其峰值的80%时算起的.

前述是室内火灾的自然发展过程. 实际上一旦室内失火, 人们总是要尽力扑救的, 这些人为行动可以或多或少地改变火灾的发展步骤. 不少火灾尚未发展到轰燃就被扑灭, 这样室内便不出现破坏性的高温. 如果火是人为扑灭的, 可燃材料中的挥发分并未完全析出, 而可燃物周围的温度在短时间内还会比环境温度高, 它容易造成可燃挥发分再度析出, 一旦条件合适, 被扑灭的火场又会重新发生明火燃烧.

§ 1.2 室内受限燃烧的特点

燃烧是可燃物和氧化剂间发生的强烈放热的化学反应, 通常燃烧要在气体流动过程中进行. 在室内受限的情况下, 壁面的存在既影响室内外之间的气体流动, 又影响室内外的热交换, 这就导致产生了一些比较特殊的燃烧现象.

1.2.1 通风因子

Kawagoe 等较早研究了通风状况对室内火灾发展的影响, 他们以木棒垛作燃料床, 测量在不同大小的通风口情况下燃烧速率的变化. 结果发现燃烧速率 $\dot{m}$ (用可燃物的质量损失速率表示) 与参数 $A \sqrt{H}$ 之间大致成线性关系, 见图 1.2 所示, 其中 A 为通风口的面积(m^2), H 为通风口的自身高度. 根据试验结果可以得到两者之间的关系为

$$\dot{m} = 5.5A \sqrt{H} \quad (\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}) \quad (1.1)$$

目前人们已经把 $A \sqrt{H}$ 作为研究室内火灾发展的基本参数, 一般称之为通风因子, 不过上述公式只在一定的 $A \sqrt{H}$ 范围内适用, 而且公式中的常数值是由可燃物的类型决定的. 一般说来, 在上述 $A \sqrt{H}$ 范围内, 可燃物的燃烧速率由流入室内的空气流率决定. 如果通风因子不断加大, 将会出现燃烧速率与通风因子无关的状况.

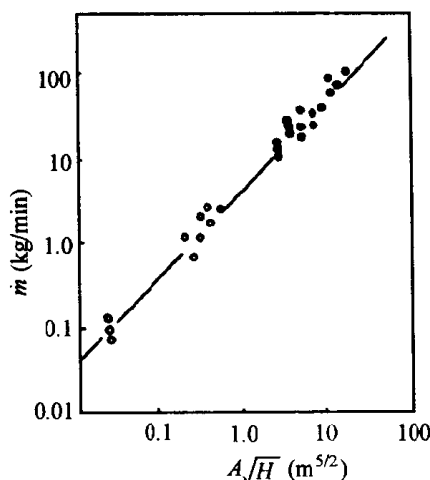


图 1.2 木垛的燃烧速率随 $A\sqrt{H}$ 的变化情况

1.2.2 室内燃烧的控制形式

在 Kawagoe 实验所取的 $A\sqrt{H}$ 范围内,可燃物的燃烧速率是由空气流入速率决定的,这种燃烧称为通风控制燃烧.室内燃烧还存在着另一种控制形式——燃料控制燃烧,在这种情况下,燃烧速率由可燃物的性质决定.当火源的大小与受限空间相比很小,比如在大房间内燃烧的炉具,空气供应是不成问题的,这是燃料控制燃烧的一种情况.在容积确定的空间内,如果火源的体积不断增大,通风状况便可逐渐成为燃烧速率的支配因素,就是说室内燃烧进入了通风控制阶段.若通风口过小,燃烧速率只可能维持很低的值.但随着 $A\sqrt{H}$ 的增大,燃烧速率亦不断升高.如果通风口持续增大,又将会达到燃烧速率与通风口大小无关的状态,这是燃料控制燃烧的另一情形.因此通风控制燃烧是在一定的受限空间内火源具有一定规模时达到的阶段.在室内火灾中,火区的发展一般都会很快发展到这种阶段.

两种控制形式的分界线原则上可由燃料的质量燃烧速率 $\dot{m}$ 与空气流入速率之间的关系确定.若设 r 为室内发生化学当量比

燃烧时的空气、燃料比, $\dot{m}_{\text{air}}$ 为理论空气流入速率, 于是在通风控制状态下, 有

$$\dot{m} > \dot{m}_{\text{air}}/r \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1.2)$$

在燃料控制条件下, 有

$$\dot{m} < \dot{m}_{\text{air}}/r \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1.3)$$

应当指出, 假设室内发生的是化学当量比燃烧, 意味着燃烧速率与空气流入速率有直接关系. 然而要了解这种关系是很困难的, 因为在受限燃烧中, 可燃物的质量燃烧速率是随周围环境施加到可燃物表面的辐射热的增大而增加的, 目前尚不能根据通风状况来确定上述关系.

上面的说明还隐含了可燃蒸气与氧气的反应是无限快反应的假定, 但实际火灾燃烧经常并非如此. 例如有时会明显感到燃烧处于燃料控制状态, 即空气流入速率与可燃蒸气生成速率之比大于化学当量比 r , 但火焰却可以从通风口窜出. 这表明可燃蒸气的氧化速率不是无限快的, 即使它与足够空气混合, 要完全烧掉也需要一定时间.

1.2.3 通风对室内燃烧的影响

通风因子 $A\sqrt{H}$ 提出之后, 不少研究者又陆续开展了一些系统研究, 不仅使用木垛作燃料床, 而且广泛使用可燃液体和热塑料作可燃物. 目前对通风影响的了解已取得了较大进展. 在一个小尺寸箱体內的单室火灾模拟中, 其侧壁中部有单通风口并以乙醇为燃料, 同时使用固定表面积的燃烧盘. 试验结果表明, 随通风因子的增大, 室内燃烧依次出现 4 个区域:

一区是不稳定燃烧区, 在通风因子很小的情况下出现. 点火后先可出现较大的火焰, 但随着箱內原有氧气的消耗又得不到起火的补充, 火焰逐渐缩小以致熄灭.

二区是通风因子稍有增大时出现的一个较窄的稳定燃烧区. 这时燃烧比较微弱, 火焰往往占不满整个燃烧盘, 小火苗缓慢地在可燃物表面来回游荡, 但却不会自动熄灭.

三区又是一个不稳定燃烧区,是通风因子增大到一定值后出现的.其主要特征是火焰在来回游荡的基础上逐渐演化为体积大小的变化,并形成周期性的振荡.其振幅随时间不断增大,最后经过一次较大的振荡使火焰体积变得过小而熄灭.

四区是通风因子超过一定值后出现的稳定燃烧区,其开始阶段火焰仍然存在振荡现象,但振幅增大到一定程度后就不再增大了,即已不存在火焰振荡熄灭问题.进入此区后,燃烧速率随着通风因子的增加而快速增加,开始时两者大致成线性关系.当通风因子超过一定值后,燃烧速率的增加逐渐变慢,并达到一极大值,然后急剧下降以至接近敞开环境下的燃烧速率.这表明室内燃烧由通风控制状态转变到燃烧控制状态,一般将燃烧速率取极大值时的通风因子作为区别两种控制状态的分界线.

上述燃烧区域的形成是室内热量积累与通风受限双重影响的结果,壁面与顶棚的存在阻止了热烟气轻易流走,使其在室内上部形成烟气层,这便使室内平均温度大大升高,而较多热量反馈回可燃物表面又会加速可燃蒸气的生成.室内温度的升高程度是由燃烧决定的,当通风口很小时,外界空气流入相当困难,燃烧不强烈,燃烧速率亦很低.随着通风口的增大,空气供应状况逐渐改善,燃烧强度加大,这样室内既有较高的温度,又有较好的通风,燃烧速率便迅速增大,在两者配合最合适的情况下,燃烧速率达到极大值.之后通风口再增大就开始起相反的作用了.它一方面造成烟气层减薄,另一方面使得经过通风口向外的辐射散热增加,引起室内平均温度的降低,并引起燃烧速率的降低.

上述结果是在侧壁中部单通风口情况下得到的,实际房间往往不只是一个通风口,最常见的是一扇门、一扇窗,当两个通风口同时打开,室内燃烧将出现更加复杂的情况.

1.2.4 可燃物性质对室内燃烧的影响

室内火灾中的可燃物绝大部分是固体或液体,它们燃烧的基本过程是先蒸发(或热分解)生成可燃气,然后再与空气发生扩

散燃烧. 而若使可燃固体和液体发生热分解或蒸发, 必须由外界向可燃物提供一定的热量, 这就是说可燃物的质量燃烧速率与外界向可燃物的传热有直接关系. 一般来说, 两者的关系可用下式表示:

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{Q}''_F + \dot{Q}''_E - \dot{Q}''_L}{L_V} \quad (1.4)$$

式中, $\dot{m}''$ 是单位面积可燃物的质量燃烧速率, $\dot{Q}''_F$ 是火焰供给可燃物的热通量, $\dot{Q}''_E$ 为其他热源供给可燃物的热通量, $\dot{Q}''_L$ 为通过燃料表面的热损失速率, L_V 为可燃物产生可燃蒸气所需的热量, 对于液体它代表蒸发潜热, 对于固体它代表热分解潜热.

可燃物的燃烧(或热分解)性质对燃烧速率有着重要影响. 显然, $\dot{Q}''_F$ 较高、 L_V 较低的可燃物的燃烧速率较大. 液体的 L_V 一般比固体低, 因此若两者燃烧放出的热量相当, 液体的燃烧速率要高得多. 实验表明, 非纤维素材料的燃烧速率都比木材高.

可燃物的表面积是影响燃烧速率的另一重要因素. 试验结果表明, 燃烧速率不仅与通风因子有关, 还与燃料床面积 A_f 有关.

§ 1.3 室内火灾的初期增长阶段

室内火灾的初期又常称为轰燃前阶段. 了解这一阶段的火灾特性对人员的生命安全和及时灭火有重要关系. 某个房间失火后, 首要的问题是把人员疏散到安全地带. 因为一旦该室发生轰燃, 人员是极难安全撤离的. 建筑物失火后, 其中连续发生的各个事件可通过下式来认识:

$$t_p + t_a + t_{rs} < t_u \quad (1.5)$$

式中, t_p 为起火到人员感觉的时间, t_a 为人们有感觉到采取逃生行动的时间, t_{rs} 为开始行动到进入安全地带的时间, t_u 为起火到所考虑区域内人员无法忍受的时间, 可认为 t_u 等于从起火到发生轰燃的时间. 如果上式成立, 则人员能够安全疏散. 前三者与人员的精神状态与身体状况关系极大, 而采取一些措施仍可大大缩短

这些时间,例如安装火灾探测系统可减小 t_p ,设计良好的疏散标志、设计合理的疏散通道可减小 t_a 和 t_{rs} .但一般说来,能否安全疏散将主要取决于火灾发展的快慢,即 t_u 的长短,它是决定室内火灾危险的重要因素. t_u 越长,留给火灾探测、灭火及人员疏散的时间和机会越多.

轰燃标志着室内火灾由初期阶段向充分发展阶段的转变,因此应当对这一重要概念给出比较准确的定义,以便可依据它分析决定火灾发展有哪些因素.对于这一概念已有过不少定义,其中常见的有:

- (1) 室内火灾由局部火向大火的转变,转变完成后,室内所有可燃物表面都开始燃烧;
- (2) 室内燃烧由燃料控制向通风控制的转变;
- (3) 在室内顶棚下方积聚的未燃气体或蒸气突然着火而造成火焰迅速扩展.

Martin 等分析了这些定义后指出,定义(2)实际上是定义(1)的结果,因而不是基本定义.定义(3)是根据发生轰燃时经常出现的火焰外窜现象定义的,它只表明发生了预混燃烧,并未突出由于高温对可燃物的传热而引起的可燃蒸气的大量生成,因而该定义本身并不能说明火灾向充分发展阶段的转变.其实在轰燃前,火焰有时也能从窗口窜出来,例如当初期火灾发展很快时,可在室内尚无明显的烟气积累时就在顶棚下方产生扩展火焰,它很容易窜到室外.

比较而言,第一种定义较为合适,不过也应当指出,它也是有一定适用范围的,比如不适用于非常长或非常深的房间,显然在那些特殊的空间内,所有可燃物同时被点燃实际上是不可能的.室内刚起火时,火区的发展比较缓慢,与敞开燃烧差不多.若可燃物和通风条件都适当,则到一定时候火区就会迅速增大,并扩展到所有可燃物表面上.一旦出现这种情况就说明室内发生了轰燃.

为了定量说明室内是否发生了轰燃,还需要一定的判据,对此人们进行过不少实验研究.其中 Waterman 的结果较有代表性,他

的实验是在 3.64 m (长) $\times 3.64\text{ m}$ (宽) $\times 2.43\text{ m}$ (高) 的房间内进行的,并以放在地板上的纸质物体被引燃作为充分发展火灾的起始.其结论是:要使室内发生轰燃,地板平面处至少要接收到 $20\text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ 的热通量,他认为这些热通量大部分来自房间上部的热表面和热烟气层,小部分直接来自可燃物上方的火焰.他还观察到,如果可燃物的燃烧速率达不到 $40\text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$,室内是不会发生轰燃的.

还有人提出以顶棚温度接近 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 作为轰燃的判据,例如 Hugglund 等,这也是在不少实验中测量到的.需要指出,这些实验所用的房间高度大都在 2.7 m 左右,可以想像,如果轰燃与由上部辐射到地板处的热通量有关,那么发生轰燃时的顶棚温度应当是房间高度的函数.现在证明这一点的实验数据还不多,不过 Hese-laen 等人的结果较能说明这一问题,他们在 1.0 m 高的小尺寸实验箱内实验,发现发生轰燃时的顶棚温度约为 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$,还应指出这一判据忽视了其他辐射热源的影响,而这是不合理的.

现在轰燃一般采用 Waterman 的定义,但需要作如下说明:

(1) 不同可燃物被引燃所需要的热通量是有较大差别的, $20\text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ 的热通量对于纸质物的自燃是足够的,但对于较厚的木块或其他可燃固体来说就显得太小了.不过这样大的热通量能够促使点火成功,并助长火焰在可燃物表面上蔓延.

(2) 热辐射是导致轰燃的主要传热方式,一般说来,房间地板外接收到的热通量可来自以下几种辐射源:①火焰,包括垂直上升的火羽流和沿顶棚扩展的火焰;②房间上部的热表面;③顶棚下面的热烟气层.这些因素的相对重要性随着火灾的发展而变化,由哪一个控制出现轰燃取决于可燃物的性质及通风状况.如果可燃物是甲醇,反馈回可燃物表面的热通量主要来自室内上部壁面,因为它的火焰和燃烧产物的发射率很低.实际火灾中是会产生大量烟气的,这时轰燃的出现往往由热烟气层的临界厚度和温度决定.

如果假定室内火灾的燃烧速率由通风速率控制,在通常的门窗关闭情况下,仍会有相当多的空气漏入房间内,只要室内可燃物的数量、性质及分布适当,室内火灾就会持续下去.这种缓慢燃烧

所产生的高温往往可以造成某种附加通风口,例如窗玻璃破裂、木制门被烧穿等,这类通风口可以大大改善空气供应状况.在室内的缓慢燃烧中某些外部原因也常会造成附加通风口,例如突然开门、室内突然进风往往会使其其中积累的可燃蒸气与新鲜空气迅速混合,然后发生预混燃烧,于是整个室内将充满火焰,这种燃烧称为逆通风燃烧,也称回燃.如果发生回燃,并且新的通风条件能够保持下来,则室内火灾将会很快发展到轰燃.

§ 1.4 室内火灾的充分发展阶段

室内发生轰燃后,释热速率会很快增大到相当大的值,室内往往可出现 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的高温,这种状况将一直持续到可燃挥发分的产生速率降低为止.由于热应力的作用,某些建筑构件将会被破坏,而且部分构件的破坏还可能引起建筑物更严重的毁坏,如墙壁、顶棚的坍塌等,并让火区迅速蔓延到建筑物的其他部分.

许多实际火灾常常发展到轰燃阶段,为了使建筑物不致被大规模毁坏,一项基本措施是采用耐火性能好的建筑材料作为墙柱或墙壁、墙壁的存在还可起到阻止火区蔓延的作用,利用防火墙(包括防火门)把大建筑物分隔成若干小区,可以有效地限制燃烧面积,这就是防火分隔区思想.而要合理采用这种措施,应当了解建筑材料的耐火性能及其测定和计算的方法.

1.4.1 材料的耐火性能、抗火性能与火灾严重性

建筑构件的耐火性能一般用耐火极限表示,它是指在火灾过程中,材料能够继续起到隔离层或结构组件的极限能力,通常是将建筑构件置于标准火灾状态下进行试验,用其失效的时间长短作为衡量耐火极限的标准.如果有可能,还应当对试件上加上负荷.

建筑构件的抗火性能是指在使用荷载作用下,其抵抗火灾侵袭的能力.它包括荷载与高温耦合作用下,构件的承载能力,变形能力,高温应变、温度梯度引起的热应力及由此引起的开裂、剥落