

火灾探测 与控制工程

吴龙标 袁宏永 编著



中国科学技术大学出版社



火灾探测与控制工程

吴龙标 袁宏永 编著

中国科学技术大学出版社

1999·合肥

前 言

火的应用促进了人类的进化，推动了社会的发展，加快了科学技术的进步，使人类创造出如此辉煌灿烂的文明。而火失去控制造成的火灾不仅夺去了人类的生命财产，还破坏了人类赖以生存的生态环境和自然资源，严重地威胁人类的生存安全。因此防止火灾发生，减少火灾损失就成为人类研究的永恒课题。

千百年来，人类在研究用火的同时，又研究如何防止火灾的发生和发展，到了20世纪80年代末，形成了一门新兴的交叉学科——火灾科学。火灾科学探索火灾孕育、发生和发展的动力学演化机理和规律，研究火灾防治的共性技术基础。主要包括：起火、火灾蔓延和烟气传播；火灾与环境或系统的相互作用；发展火灾过程的三维、多相、非定常、非线性、湍流、传热传质和燃烧相互耦合的数学物理模型、计算机模拟软件和实验模拟；火灾防治的新思想、理论、方法和系统，推动防灭火技术的进步。火灾科学的诞生意味着人类研究火灾进入了一个全面、系统、科学的新时代。

《火灾探测与控制工程》一书是以火灾科学的基础研究成果为基础，讨论预防火灾的途径，探测火灾的技术，扑灭火灾的方法，是火灾科学的一个重要组成部分。书中第一章讨论火灾产生的机理、防火对策和国内外火灾自动报警系统的状况。第二章讨论了火灾探测信号特征、数学模型及处理方法。第三章讨论了各种火灾探测器的工作原理及其工程应用。第四章讨论了火灾自动报警和联动控制设备及构成的系统。第五章讨论了各种灭火系统与防排烟系统。第六章讨论了当前两种火灾探测新技术。这些内容基本上涉及了当前自动消防系统的主要方面，也反映了我们多年来从事本领域研究和应用的部分成果。

在本书编写过程中，国际火灾协会常务理事、亚澳火灾协会主席、中国科学技术大学副校长、火灾科学国家重点实验室主任范维澄教授十分关心本书的编写和出版，特在百忙之中审阅和修改了本书的部分章节。王清安教授、林其钊副

教授也对全部书稿进行了认真地审阅，提出了不少宝贵意见。在此向他们表示衷心地感谢！姚伟祥、苏国锋、张本矿、陈涛、武晓燕等同志参与了本书的图表制作和文字输入工作，付出了大量的劳动，在此深表谢意！

本书前言和第一、三、四章由吴龙标撰写，第二、五、六章由袁宏永撰写。书中讹漏之处，敬请各位专家和读者批评指正。

作 者

1999年3月于中国科学技术大学

重要符号

a	复合系数
A_s	探测器接收凸镜表面的有效面积
C_B	布里卡尔常数
d	试验烟的光学测量长度
\bar{d}	烟粒子的平均粒径
E	电场强度
D	光学密度
dF_1, dF_2	物体表面的微元面积
d_p	粒径
H_0	基准高度, 是当地气象台测点高度
h	上空某处高度
I	电流
K	结构常数
K_a	吸收系数
K_s	散射系数
\bar{K}	消光系数
L	极间距离
\bar{l}	平均自由程
l	光学测量长度
m	光学烟密度计测得的烟浓度
$N(t)$	在时刻 t 还没有衰变的原子核数
N_0	在时刻 $t=0$ 时的原子核数
N	粒子数浓度
n	指数, 随地表状态、季节、气象和时间的不同而异, 一般在 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 之间
P_0	恒定辐射功率
P_e	总消光功率
R_0	初始阻抗
S	电极的平面面积
S_e	消光截面

\bar{S}	消光截面平均值
T	火焰温度
T_1, T_2	物体表面的绝对温度 ($T_1 > T_2$)
U	极间电压
V	电压
v	速度
X_a	吸收效率因子
X_e	消光效率因子
X_s	散射效率因子
x	电离电流相对变化量
y	离子烟浓度计测得的烟浓度
z	烟粒子数浓度
$Z_\lambda(x_\lambda)$	列表函数,
r	dF_1 和 dF_2 中心的直线距离
β_1, β_2	dF_1 和 dF_2 各自法线与 γ 的夹角
σ	电导率
σ_0	黑体辐射常数
λ	波长
λ_m	相应于光谱辐射出射度最大值的波长
μ	离子迁移率
η	电离室常数
Φ_{\min}	可探测到的最小辐射能通量
φ	辐射能流率
φ_e	金属的逸出功
θ	散射角
ε	介电常数
Γ	凝并系数
τ_0, τ_a	光学透射系数和大气透射系数

注：若论文中某处使用的符号有专门注明，则以其专门注明的为准。

目 录

前言	i
重要符号	iii
第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 火灾产生的机理和防火对策	2
1.2.1 火灾产生的机理	2
1.2.2 火灾起火过程	2
1.2.3 防火对策	4
1.2.4 自动消防系统	7
1.3 我国火灾自动报警系统的发展概况	8
1.4 火灾自动报警系统的发展趋势	10
参考文献	11
第2章 火灾探测的数据处理方法及数学模型	12
2.1 火灾探测信号的特征	12
2.2 火灾信号处理的基本方法	15
2.2.1 信号处理的直观方法	15
2.2.2 趋势算法	16
2.2.3 可变窗特定趋势算法	19
2.2.4 斜率算法	24
2.2.5 持续时间算法	27
2.3 火灾信号的统计检测算法	30
2.3.1 功率谱检测算法	30
2.3.2 复合传感器信号相关算法	37
2.4 人工智能火灾探测算法	40
2.4.1 神经网络	41
2.4.2 视觉理论	44
参考文献	46
第3章 火灾探测器	48
3.1 火灾探测器的功能及其分类	48
3.2 感烟式火灾探测器	50
3.2.1 离子感烟火灾探测器	50
3.2.2 光电感烟火灾探测器	61
3.2.3 感烟探测器响应烟的性能	69

3.2.4	感烟探测器的性能检验.....	72
3.2.5	两种感烟探测器的比较.....	81
3.2.6	红外光束线型感烟火灾探测器.....	82
3.3	感温火灾探测器.....	87
3.3.1	定温火灾探测器.....	87
3.3.2	差温火灾探测器.....	90
3.3.3	差定温火灾探测器.....	92
3.4	火焰探测器.....	93
3.4.1	概述.....	93
3.4.2	紫外火焰探测器.....	94
3.4.3	红外火焰探测器.....	98
3.5	气体传感器.....	109
3.5.1	概述.....	109
3.5.2	半导体气体传感器.....	112
3.5.3	红外吸收式气敏传感器.....	125
3.5.4	接触燃烧式气敏传感器.....	126
3.5.5	热导率变化式气体传感器.....	127
3.6	火灾探测器的工程应用问题.....	128
3.6.1	各类火灾探测器的适用场合.....	128
3.6.2	火灾探测器型号的编制方法.....	130
3.6.3	点型火灾探测器的使用数量.....	132
	参考文献.....	134
第4章	火灾自动报警和联动控制系统.....	136
4.1	概 述.....	136
4.2	火灾自动报警系统.....	137
4.2.1	系统分类.....	137
4.2.2	火灾报警控制器.....	139
4.2.3	信号处理.....	143
4.3	联动控制系统.....	144
4.3.1	室内消火栓系统的控制、显示功能.....	145
4.3.2	自动喷水灭火系统的控制、显示功能.....	146
4.3.3	卤代烷、二氧化碳等气体灭火系统的控制、显示功能.....	150
4.3.4	泡沫灭火系统的控制、显示功能.....	154
4.3.5	机械防烟、排烟设施的控制功能.....	155
4.3.6	火灾应急广播与警报装置.....	157
4.3.7	消防专用电话.....	159
4.3.8	防火卷帘的控制.....	159
4.3.9	电梯回降控制.....	161
4.4	自动报警系统的供电与接地.....	163

4.4.1	供电	163
4.4.2	接地	165
4.5	火灾应急照明和疏散指示标志	167
4.5.1	设置范围、照度和位置	167
4.5.2	疏散指示灯的布置	167
4.5.3	电光源和灯具的选择	168
4.5.4	应急照明供电与配电	169
4.6	应用举例	170
	参考文献	173
第 5 章	自动灭火系统与防排烟系统	174
5.1	火灾控制概述	174
5.2	水灭火系统	176
5.2.1	消防给水系统和室内外消火栓系统	177
5.2.2	自动喷水灭火系统	186
5.2.3	水喷雾灭火系统	201
5.3	气体自动灭火系统	207
5.3.1	气体灭火系统概述	207
5.3.2	相关的计算	212
5.4	泡沫灭火系统	219
5.4.1	低倍数泡沫灭火系统	219
5.4.2	高倍数、中倍数泡沫灭火系统	222
5.5	通风排烟	231
5.5.1	历史背景	231
5.5.2	工业建筑通风	232
5.5.3	安装通风面积	234
5.5.4	通风理论要素	235
	参考文献	238
第 6 章	火灾探测新技术	239
6.1	概 述	239
6.2	图像识别方法	239
6.2.1	图像感焰火灾探测技术	240
6.2.2	图像感烟火灾探测技术	245
6.2.3	基于实时图像的火灾空间定位技术	249
6.3	高灵敏度吸气式感烟火灾探测报警系统	253
6.4	智能建筑与防火系统	257
6.4.1	智能建筑	257
6.4.2	智能建筑与防火系统	258
	参考文献	262

第1章 绪 论

1.1 概 述

火的应用对人类的文明和社会的进步起了巨大的推动作用。然而火一旦失去了控制，也会给人类带来巨大的灾难，形成火灾。据统计，在众多灾种中，火灾造成的直接损失约为地震的5倍，仅次于干旱和洪涝，而火灾发生的频度则居于各灾种之首。千百年来，人类和火灾进行了长期的斗争，积累了许多防火、灭火的经验教训。人类逐步掌握了燃烧机理，燃烧条件和燃烧发展的过程，创造了各种各样防火、灭火的方法，并形成了一个充满生机、富有发展前途的消防产业。本世纪70年代后期，开始出现一门新兴的多学科交叉应用基础科学——火灾科学，其中心内容是用现代高科技手段研究火灾发生、发展和防治的机理和规律，为火灾防治提供新的思想、理论和方法。使得火灾研究进入了科学化、系统化的轨道，并促进了防火、灭火技术的进步。

虽然科学技术的进步，使人类的防火、灭火手段发生了很大的变化，取得了可喜的成绩，然而，随着社会经济的飞速发展，城市化进程的加快和人口的迅速增长，我国火灾发生的次数，造成的损失呈上升趋势。据统计，“八五”期间全国共发生火灾20万起，死亡11643人，伤21245人，直接财产损失46.7亿元。1997年，全国共发生火灾14万余起，死亡2722人，伤4930人，直接财产损失15.4亿元。其中一次死亡10人以上或受灾50户以上或直接财产损失100万元以上的特大火灾88起，可见火灾形势十分严峻。另一方面，住宅的商品化，国土的有偿使用，外资的引进，促使城市以平面扩张为主转为更多地向立体空间发展，一栋栋综合性高层建筑物拔地而起，构成了现代都市的独特风貌。我国规定高度超过24米的建筑物称为高层建筑，高度超过100米的建筑物称为超高层建筑。由于高层建筑火灾具有火灾蔓延速度快，火灾隐患多，扑救工作和人员疏散困难的特点，因此高层建筑一旦发生火灾，后果是不堪设想的。一座高大的建筑物内可容纳成千上万的人在里面工作和生活，安全是每个人考虑的首要问题，而威胁人类生存、侵吞人类生命财产的危害中，火灾又是一种多发、常见的灾害，因此防止火灾发生，减少火灾损失就成为人们普遍关心和深入研究的永恒课题了。

我国党和政府历来十分重视消防工作，江泽民多次发表了重要讲话，亲自过问消防工作。1998年4月29日全国人大常委会九届二次全会通过了《中华人民共和国消防法》，这部法律全面、系统地规范了我国的消防工作。有关部门也逐步建立和完善了消防监督管理机构，制定了有关的消防技术规范，确定了“预防为主，防消结合”的消防工作方针，建立并不断扩大消防队伍。利用广播、电视、报纸等宣传工具，加强对广大人民的防火教育。所有这些对于保障国家和人民生命财产的安全起了很重要的作用。

1.2 火灾产生的机理和防火对策

1.2.1 火灾产生的机理

火灾是一种失去人为控制的燃烧过程,产生火灾的基本要素是可燃物、助燃物和点火源。可燃物以气态、液态和固态三种形态存在,助燃剂通常是空气中的氧气。根据可燃气体与空气混合方式不同有两种燃烧方式,如果在燃烧前,可燃气体就与空气均匀混合称预混燃烧;如果可燃气体和空气分别进入燃烧区边混合边燃烧称为扩散燃烧。液体和固体是凝聚态物质,难与空气均匀混合,它们燃烧的基本过程是当外部提供一定的能量时,液体或固体先蒸发成蒸气或分解析出可燃气体(如 CO 、 H_2 等)、较大的分子团、灰烬和未燃烧的物质颗粒悬浮在空气中,粒子直径一般在 $0.01\mu\text{m}$ 左右,这些悬浮物统称为气溶胶。几乎在产生气溶胶的同时,产生粒子直径为 $0.01\sim 10\mu\text{m}$ 的液体或固体微粒,称为烟雾。气相形式的可燃物与空气混合,在较强火源作用下产生预混燃烧。着火后,燃烧火焰产生的热量使液体或固体的表面继续释放出可燃气体,并形成扩散燃烧。同时,发出含有红外线或紫外线的火焰,散发出大量的热量。气溶胶、烟雾、火焰和热量都称为火灾参量,通过对这些参量的测定便可确定是否存在火灾。大量热量通过可燃物的直接燃烧、热传导、热辐射和热对流,使火从起火部位向周围蔓延,这就是常说的火蔓延,火蔓延导致了火势的扩大,形成火灾。

根据火灾发生的场所不同,将火灾分成建筑火灾、森林火灾、车辆火灾、船舶火灾、隧道火灾、飞机火灾等。根据产生火灾的原因又可分为电气火灾、油品火灾、地震火灾、人为火灾、雷电火灾等等。在这些火灾中发生次数最多、造成损失最大的是建筑火灾。据统计,八五期间,全国发生各类建筑火灾148824起,死亡10222人,伤9787人,直接经济损失达40亿元。分别占总数的74.5%、87.8%、82.1%和85.7%。基于这种情况,本书重点讨论建筑火灾的探测和控制问题。

1.2.2 火灾起火过程

建筑火灾最初时发生在建筑物内的某个房间或局部区域,然后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和邻近的建筑物。

为了说明火灾的发展过程,在此仅介绍耐火建筑中具有代表性的室内火灾的发展过程。

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1-1所示。

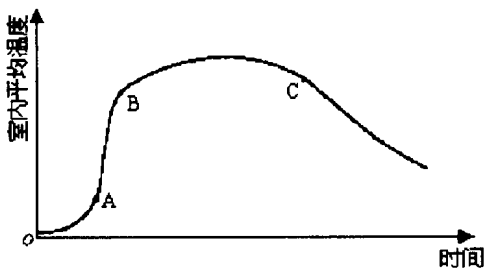


图 1-1 室内火灾温度—时间曲线

根据室内火灾温度随时间变化的特点,可以将火灾发展过程分为三个阶段,即火灾初起阶段(图中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

室内发生火灾后,最初只是起火部位及其周围可燃物着火燃烧。这时火灾好像在敞开的空间里进行一样。在火灾局部燃烧形成之后,可能会

出现下列三种情况之一：

(1) 最初着火的可燃物质燃烧完，而未延及其它的可燃物质。尤其是初始着火的可燃物在隔离的情况下。

(2) 如果通风不足，则火灾可能自行熄灭，或受到通风供氧条件的支配，以很慢的燃烧速度继续燃烧。

(3) 如果存在足够的可燃物质，而且具有良好的通风条件，则火灾迅速发展是整个房间，使房间中的所有可燃物(家具、衣物、可燃装修材料等)卷入燃烧之中，从而使室内火灾进入到全面发展的猛烈燃烧阶段。

初起阶段的特点是：火灾燃烧范围不大，火灾仅限于初始起火点附近；室内温度差别大，在燃烧区域及其附近存在高温，室内平均温度低；火灾发展速度较慢，在发展过程中，火势不稳定；火灾发展时间因点火源、可燃物质性质和分布、通风条件影响长短差别很大。

根据初起阶段的特点可见，该阶段是灭火的最有利时机，应设法争取尽早发现火灾，把火灾及时控制消灭在起火点。为此，在建筑物内安装和配备适当数量的灭火设备，设置及时发现火灾和火灾报警的装置是很有必要的。初起阶段也是人员疏散的有利时机，发生火灾时人员若在这一阶段不能疏散出房间，就很危险了。初起阶段时间持续越长，就有更多的机会发现火灾和扑灭火灾，并有利于人员安全撤离火灾现场。

2. 全面发展阶段

在火灾初起阶段后期，火灾范围迅速扩大，当火灾房间温度达到一定值时，积聚在房间内的可燃气体突然起火，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燃烧之中，燃烧很猛烈，温度升高很快。这种房间内局部燃烧向全室性燃烧过渡的现象通常称为轰燃。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。人们若在轰燃之前还没有从室内逃出，则很难幸存。

轰燃发生后，房间内所有可燃物都在猛烈燃烧，放热速度很大，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 1100℃左右。火焰、高温烟气从房间的开口大量喷出，把火灾蔓延到建筑物的其它部分。室内高温还对建筑构件产生热作用，使建筑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。

耐火架子的房间通常在起火后，由于其四周墙壁和顶棚、地面坚固，不会烧穿，因此发生火灾时房间通风开口的大小没有什么变化。当火灾发展到全面燃烧阶段，室内燃烧大多由通风控制着，室内火灾保持着稳定的燃烧状态。火灾全面发展阶段的持续时间取决于室内可燃物的性质、数量和通风条件等。

为了减少火灾损失，针对火灾全面发展阶段的特点，在建筑防火设计中应采取的主要措施是：在建筑物内设置具有一定耐火性能的防火分隔物，把火灾控制在一定的范围之内，防止火灾大面积蔓延；选用耐火程度较高的建筑结构作为建筑物的承重体系，确保建筑物发生火灾时不倒塌破坏，为人员安全疏散，消防队扑救火灾，火灾后建筑物修复使用创造条件。

3. 熄灭阶段

在火灾全面发展阶段后期，随着室内可燃物的挥发物质不断减少，以及可燃物数量减少，火灾燃烧速度递减，温度逐渐下降。当室内平均温度降到温度最高值的 80%时，则认为火灾进入熄灭阶段。随后，房间温度下降明显，直到把房间内的全部可燃物烧光，室内外温度趋于一致，宣告火灾结束。

1.2.3 防火对策

所谓“消防”有两层含义，防是指防火，消是指灭火。无论是消还是防，都是同火灾作斗争，防止火灾的发生和发展，都是为了达到杜绝火灾，特别是杜绝重、特大火灾事故的目的。通常可将防火对策分成两种类型，即主动防火对策和被动防火对策。主动防火对策是采用预防起火、早期发现(如设火灾探测报警系统)、初期灭火(如设自动喷水灭火系统)等措施，尽可能做到不失火成灾。采用这类防火对策可以有效地降低火灾发生的概率，减少火灾发生的起数，但却不能排除遭受重、特大火灾的可能性。被动防火对策，即采用以耐火构件划分防火分区、提高建筑结构耐火性能、设置防排烟系统、设置安全疏散楼梯等措施，尽量不使火势扩大并疏散人员和财物。以被动防火对策为重点进行防火，虽然会发生火灾，但却可以减少发生重大火灾的概率。被动防火对策和主动防火对策的目的是一致的，都是为了减轻火灾损失，保证人员的生命安全，它们相互补充，缺一不可。不管主动防火还是被动防火，都要由人去掌握和执行。因此在全社会开展全民消防教育，提高全民的防火意识；对消防人员进行技术培训，实行持证上岗制度；制订各种消防法规和标准，强化消防监督等等也十分重要。

一、主动防火对策

前面说到，物质的燃烧必须同时具备三个要素(即可燃物、助燃物及着火源)，且这三个要素还必须具备一定的条件(如可燃物的数量，在空气中氧气的含量、着火源的能量等)及三者共同作用，否则，燃烧将难以形成。根据这一理论，我们可以分别采取控制可燃物、控制助燃物、控制着火源和控制可燃物与着火源相互作用的办法，以期达到防止起火的目的。

1. 控制可燃物

凡是能在空气、氧气或其它氧化剂中发生燃烧反应的物质都是可燃物。可燃物从化学组成上分为有机可燃物和无机可燃物；从物质形态上分为气态，液态和固态可燃物。同一可燃物的燃烧难易程度也会因条件改变而改变，如铁、铝等不燃物质在纯氧中也能发生剧烈燃烧。要使可燃物得到有效控制通常可以采取下列措施：

在建造房屋时采用砖、石、砼及钢材等非燃材料，建造耐火的不燃建筑；

在对房屋进行室内外装修时，宜采用 A 级(不燃)及 B₁ 级(难燃)装修材料，少用 B₂ 级(可燃)装修材料，严格控制使用 B₃ 级装修材料；

对可燃建筑构件及可燃固定家具进行阻燃处理；

对石化企业的生产或储存设备，应尽可能做到防止物料“跑、冒、滴、漏”，降低可燃气体、蒸气、粉尘在空气中的含量；

限制库房内储存物品的种类及数量等。

2. 控制助燃物

凡能帮助和支持可燃物燃烧的物质都是助燃物。如空气、氧、氯酸钾、过氧化钠、浓硝酸等。发生火灾时空气是最主要的助燃物。必须指出，有时可燃物和助燃物是合二为一的，这类物质在燃烧过程中会发生分解反应，如硝化甘油的爆炸就是一个很典型的例子。要使助燃物得到有效控制，通常可以采取下列技术措施：

涉及到易燃易爆物质的生产过程，应在密闭设备中进行；对有异常危险的，要充惰性气体进行保护；

对某些特殊物质应隔绝空气贮存，例如钠存于煤油中，磷存于水中等。

3. 控制着火源

凡能引起可燃物质燃烧的热能源均称为着火源(也称点火源)。着火源可以是明火，也可以是高温物体，它们可以由热能、化学能、电能、机械能转换而来。控制着火源通常可以采取下列技术措施：

- 严格控制生产、生活使用的各种明火及用火设备；
- 按照国家有关法规设计、安装及使用各种电气设备；
- 严格管理可以引起自燃的物品及可燃、易燃材料堆垛；
- 避雷；
- 防静电等。

4. 控制可燃物与着火源相互作用

当可燃物和着火源都难以得到有效控制时，还可以选用控制可燃物与着火源相互作用的办法，如：

控制热源的热传导、热对流及热辐射，降低热源温度，人为控制冷热空气的对流，适当增加构件厚度等；

在可燃物与着火源之间设置足够的间距。根据传热学理论可知，任意两个物体之间的热辐射传热量为：

$$Q_{dF_1dF_2} = (\sigma_0 T_1^4 - \sigma_0 T_2^4) \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi r^2} dF_1 dF_2 \quad (1-1)$$

式中 dF_1, dF_2 ，两个物体表面的微元面积；

T_1, T_2 ——两个物体表面的绝对温度($T_1 > T_2$)；

r —— dF_1 和 dF_2 中心的直线距离；

β_1, β_2 —— dF_1 和 dF_2 各自法线与 r 的夹角；

σ_0 ——黑体辐射常数。

由公式不难看出，热辐射的传热量主要取决于热源的绝对温度与热源的距离及角度。可燃物与热源距离越远对防火越有利；还可在可燃物与着火源之间设置防火分隔物。

二、被动防火对策

据测定，在火灾的初期阶段，由于空气对流造成的烟气水平扩散速度为 0.3m/s，在燃烧的猛烈阶段，水平扩散速度为 1.5m/s~3m/s。对于高层建筑，由于有多种狭长的垂直通道，烟气沿竖井的扩散速度为 3m/s~4m/s。也就是说 100m 高的建筑在无阻挡的情况下，30 秒钟左右烟气就能顺竖井从底部扩散到顶层。此外，高空的风速大大加快。(1-2)式描述了随高度增加风速加速的情况。

$$V = V_0 \left(\frac{h}{H_0} \right)^n \quad (1-2)$$

式中 H_0 ——基准高度，是当地气象台测点高度[m]；

h ——上空某处高度[m]；

v_0 —— H_0 点的风速[m/s]；

v —— h 点的风速[m/s]；

n ——指数，随地表状态、季节、气象和时间的不同而异，一般在 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 之间。

当 $H_0=10\text{m}$, $v_0=5\text{m/s}$, $h=90\text{m}$, 取 $n=1/2$, 则 $v=15\text{m/s}$, 因此, 在高层建筑下, 控制火灾蔓延速度非常重要。控制火势蔓延速度是争取时间进行人员疏散、物资转移和组织灭火的极其重要的方面, 它将起火后的被动局面迅速转化为有利局面, 变被动为主动, 因此应引起各方的关注。被动防火对策主要有下面几个方面:

1. 建筑防火

建筑设计防火的主要内容有:

总平面防火。它要求在总平面设计中, 应根据建筑物的使用性质、火灾危险性、地形、地势和风向等因素, 进行合理布局, 尽量避免建筑物相互之间构成火灾威胁和发生火灾爆炸后可能造成的严重后果。并且为消防车顺利扑救火灾提供条件。

建筑物耐火等级。划分建筑物耐火等级是建筑设计防火规范中规定的防火技术措施中最基本的措施。它要求建筑物在火灾高温的持续作用下, 墙、柱、梁、楼板、屋盖、吊顶等基本建筑构件, 能在一定的时间内不破坏, 不传播火灾, 从而起到延缓和阻止火灾蔓延的作用, 并为人员疏散、抢救物资和扑灭火灾以及为火灾后结构修复创造条件。

防火分区和防火分隔。在建筑物中采用耐火性较好的分隔构件将建筑物空间分隔成若干区域, 一旦某一区域起火, 则会把火灾控制在这一局部区域之中, 防止火灾扩大蔓延。

防烟分区。对于某些建筑物需用挡烟构件(挡烟梁、挡烟垂壁、隔墙)划分防烟分区将烟气控制在一定范围内, 以便用排烟设施将其排出, 保证人员安全疏散和便于消防扑救工作顺利进行。

室内装修防火。在防火设计中应根据建筑物性质、规模, 对建筑物的不同装修部位, 采用相应燃烧性能的装修材料, 要求室内装修材料尽量作到不燃或难燃化, 减少火灾的发生和降低蔓延速度。

安全疏散。建筑物发生火灾时, 为避免建筑物内人员由于火烧、烟熏中毒和房屋倒塌而遭到伤害, 必须尽快撤离; 室内的物资财富也要尽快抢救出来, 以减少火灾损失。为此要求建筑物应有完善的安全疏散设施, 为安全疏散创造良好的条件。

工业建筑防爆。在一些工业建筑中, 使用和产生的可燃气体、可燃蒸气、可燃粉尘等物质能够与空气形成爆炸危险性的混合物, 遇到火源就能引起爆炸。这种爆炸能够在瞬间以机械功的形式释放出巨大的能量, 使建筑物、生产设备遭到毁坏, 造成人员伤亡。对于上述有爆炸危险的工业建筑, 为了防止爆炸事故的发生, 减少爆炸事故造成的损失, 要从建筑平面与空间布置、建筑构造和建筑设施方面采取防火防爆措施。

2. 消防给水、灭火系统

其设计的主要内容包括: 室外消防给水系统、室内消火栓给水系统、闭式自动喷水灭火系统、雨淋喷水灭火系统、水幕系统、水喷雾消防系统, 以及二氧化碳灭火系统、卤代烷灭火系统等。要求根据建筑的性质、具体情况, 合理设置上述各种系统, 做好各个系统的设计计算, 合理选用系统的设备、配件等。

3. 采暖、通风和空调系统防火、防排烟系统

采暖、通风和空调系统防火设计应按规范要求选好设备的类型, 布置好各种设备和配件, 做好防火构造处理等。在设计防排烟系统时要根据建筑物性质、使用功能, 规模等确

定好设置范围，合理采用防排烟方式，划分防烟分区，做好系统设计计算，合理选用设备类型等。

4. 电气防火

设计要求是根据建筑物的性质，合理确定消防供电级别，做好消防电源、配电线路、设备的防火设计，做好火灾事故照明和疏散指示标志设计。此外，对建筑物还要设计安全可靠的防雷装置。

关于早期发现火灾的火灾自动报警系统和初期灭火的联动控制系统正是本书讨论的问题，这里就不作详细介绍了。

1.2.4 自动消防系统

主动防火的主要手段是自动消防系统，它是以被警戒区域（如建筑物、油库、船舶、森林等）为控制对象，通过自动化的手段实现火灾自动报警和自动扑灭，其结构方框图如图 1-2 所示。

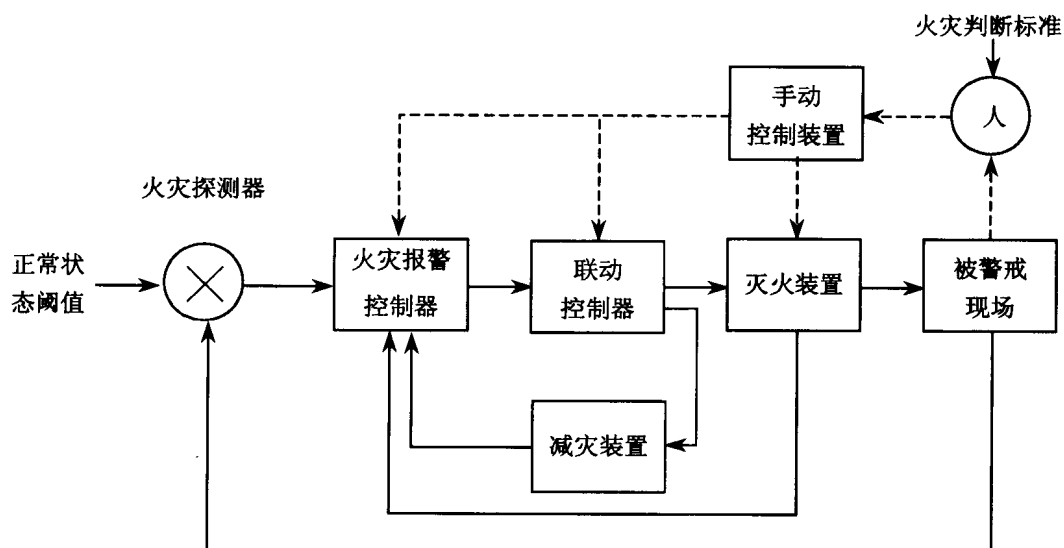


图 1-2 自动消防系统结构方框图

火灾探测器长年累月地不停地监测被警戒的现场，当被警戒的现场发生火灾时，火灾探测器检测到由于火灾产生的烟雾、高温、火焰和特有的气体等信号，并转换成电信号，经过与正常状态阈值比较后，给出火灾的报警信号，通过自动报警控制器上的报警显示器显示出来，消防人员便知道某个部位发生了火灾。同时通过自动报警控制器启动报警装置报警，告戒现场人员投入灭火战斗或撤离火灾现场；启动减灾装置（如断电装置、防排烟设备、防火门、防火卷帘、消防电话、消防电梯、应急照明等）防止火灾蔓延和求助消防部门支援，以便减少火灾损失，及早扑灭火灾；启动灭火装置（包括灭火器械与灭火介质），以便及时扑灭火灾，达到起火不成灾的目的。一旦火灾扑灭，整个系统又回到正常监控状态。因此，自动消防系统是一个典型的闭环自动控制系统。这个系统主要由自动报警系统和自动灭火系统二部分组成，而火灾报警控制器是自动消防系统的核心部件，它融入了微电子技术，微机控制技术，智能处理技术，使得报警控制器的结构紧凑，功能完善，使用方便灵活。

当人在火灾现场时，人通过大脑思维判断，作出发生火灾的结论并启动相应的手动报警装置，完成报警，联动控制减灾装置和启动灭火装置投入灭火战斗。当火灾扑灭后，人又使系统恢复正常工作状态。因此这这也是一个闭环控制系统，不过在这个系统中起主导作用的是人。

1.3 我国火灾自动报警系统的发展概况

火灾自动报警系统作为我国 80 年代新兴的技术密集型产品，实际上是从“七五”才开始开发的，至今短短的十几年中，特别是改革开放以来，由于社会主义建设的迅速发展，高层建筑和建筑群的不断涌现，以及有关部门的重视和支持，火灾自动报警系统的市场需求量不断扩大，促进了这一产业的蓬勃发展。通过各方面的共同努力，使得我国火灾自动报警系统的研制、开发、生产和应用等方面取得了令人瞩目的成就，主要有：

1. 建立了火灾自动报警系统的工业生产基础

经过几年的发展，全国从事火灾自动报警系统及其配套产品生产的企事业单位已达上百家。其中有军工企业、部属企业、也有中外合资企业、集体企业，同时新建、转产和兼营该系统产品的企业日见增加。这些企业都形成了一定生产规模。年产值多数为数百万元、上千万元，并涌现出了年产值在亿元以上的企业。军工、部属企业不但技术力量雄厚，而且有较先进的完整生产设备、产品检测设备和质量保证体系。因此，这些企业的产品质量比较高、性能稳定、产品更新换代快，已成为火灾自动报警系统及其配套产品的专业生产企业或定点生产企业。以这些骨干为基础的火灾自动报警系统的工业生产体系将得到进一步的完善。

2. 加强了产品质量检验、监督和标准化工作

火灾自动报警系统的质量和可靠性，直接关系到国家财产和人民生命的安全。国家计委、公安部、城建部等领导部门，对此十分重视并组织了有关单位制订了有关的设计规范、产品生产和质检标准(其中很多是强制性执行的标准)如：1987 年颁布的 GBJ16-87《建筑设计防火规范》及 GBJ45-82《高层民用建筑设计防火规范》等；国家于 1988 年颁布了我国第一本 GBJ116-88《火灾自动报警系统设计规范》，并列为有关单位必须认真贯彻实施的一部技术法规；1991 年颁布了 GB12978-91《火灾报警设备检验规则》、《点型紫外火焰探测器技术要求和实验方法》等。这些规范和标准涉及面广，具有科学性、政策性、法制性和经济性的特点，是指导生产、进行产品质量检验和监督的重要依据。通过对这些规范和标准的贯彻实施，有力推动了火灾自动报警系统及其配套产品质量的提高，并促进了产品更新换代。在我国有关部门组织和领导下，建立了由“国家消防电子产品质量监督检测中心”统一负责对各企业生产的报警系统及配套产品质检的工作体系(包括对国外进口的同类产品检验)，和由各省的消防局或消防监督管理局负责对该类生产企业的管理、协调和监督的行业管理体系。并进一步加强了行业管理，克服了生产盲目性，加快了这一行业的发展。

3. 技术引进和消化、吸收相结合，加快了产品国产化进程

我国火灾报警系统的研制、开发起步较晚，但由于有关部门在组织国内生产企业、科研院所、大学协同研制开发该类产品的同时，采取多种方式引进国外先进技术和产品，如有些企业引进国外散件组装、引进生产设备、生产线和有关检验设备组织生产、引进先进技术