

防火设计中的烟控

[英] E.G.巴舍 合著
A.C.帕尼尔
王磊 译

中国建筑工程
出版社

防火设计中的烟控

[英] E.G.巴舍 合著
A.C.帕尼尔
王磊 译

中国建筑工程
出版社

**Smoke control in fire
safety design**
E.G.BUTCHER
A.C.PARNELL
E.&F.N.SPON Ltd. LONDON
First published 1979

* * *
防火设计中的烟控
王 磊 译

*
中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
新 华 书 店 经 销
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*
开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6³/₄ 字数: 152 千字

1990年7月第一版 1990年7月第一次印刷

印数: 1—3,210册 定价: 4.75元

ISBN7—112—01113—2/TU·813

(6181)

目 录

绪论.....	1
1. 烟质和烟量	5
1.1 概要	5
1.2 烟的生成原理	6
1.3 由燃烧所产生的烟体积的计算	7
1.4 限制火的大小以便进行设计计算	9
1.5 烟的产生量	11
1.6 烟质	14
1.7 烟的浓度	17
1.7.1 阴暗度和光密度之间的关系式	18
1.7.2 单位光密度	19
1.7.3 能见度	20
1.7.4 能见度的测定	21
1.7.5 能见度的一般规则	22
1.7.6 烟的光密度的实际值	23
1.8 烟的毒性	24
1.8.1 毒气的复合效应	27
1.8.2 毒性作用的主观特性	27
参考文献	28
2. 烟的流动和烟的控制	30
2.1 绪论	30
2.2 实例 1—奥利机场火灾	31
2.2.1 关于该建筑物的介绍	31
2.2.2 火灾的发生	31

2.3 实例 2 — 纽约第一市场火灾	33
2.3.1 建筑物的结构	33
2.3.2 烟和火的蔓延	34
2.4 实例 3 — 南朝鲜汉城大然阁旅馆火灾	35
2.4.1 建筑物简介	36
2.4.2 火灾的发生	37
2.4.3 火的蔓延	40
2.5 烟的流动	40
2.6 在建筑物中由火产生的压力	41
2.7 烟的控制	44
2.7.1 烟控与火的大小	46
参考文献	47
3. 火区中的烟控	48
3.1 绪论	48
3.2 屋顶通风系统的设计要素	49
3.2.1 火的扩展	49
3.2.2 选定适当大小的火	50
3.2.3 对于小火的通风系统设计	52
3.2.4 对于未充分扩展的大火的通风系统设计	55
3.2.5 对于充分扩展的火的通风系统设计	55
3.3 计算图	57
3.3.1 计算图的使用	57
3.3.2 计算图 1 —— 小火的通风孔面积计算图	59
3.3.3 计算图 2 —— 高温气体层温度 (小火) 的计算图	60
3.3.4 计算图 3 —— 对一个没有充分扩展的大火的通风系统设计的 计算图	64
3.3.5 计算图 4(a) 和 4(b) —— 对一个充分扩展的火的通风系统设计 计算图	66
3.3.6 计算图 5 —— 计算木材燃烧时火焰高度的计算图	72
3.3.7 计算图 6 —— 计算由通风孔释放出的热量和火产生的燃烧热	

之间比值的计算图	72
3.4 其它有关因素	74
3.4.1 高温气体层的温度	74
3.4.2 冷空气的输入口	76
3.4.3 单独通风孔的尺寸	78
3.4.4 在天花板或屋顶的下方进行空间分隔,以限制火的水平 扩展	79
3.4.5 逆风状态的影响	81
3.4.6 早期通风的重要性	83
3.4.7 屋顶通风孔与水喷淋装置	84
参考文献	85
4. 在没有完整结构保护的有顶盖的市郊商店区避难 通道中的烟控方法	86
4.1 历史事件—Wolfrun和Mander 综合商店区 火灾	87
4.1.1 建筑物的介绍	87
4.1.2 火灾的起源	88
4.1.3 火势的发展	90
4.1.4 火灾造成的破坏	90
4.2 避难通道的设计	91
4.2.1 漂浮的烟和停滞区	92
4.2.2 烟层上方水喷淋的作用	93
4.3 对于商店正面是一个有屋顶的人行道时烟控设计的 细节	95
4.3.1 把烟限制在起火的商店内	95
4.3.2 人行道的排烟	104
4.3.3 多层建筑物设计中的特殊要求	112
4.3.4 其它设计要点	119
参考文献	127
5. 有防护装置的避难通道中的烟控方式——加压	129

5.1 概要	129
5.2 自然通风	130
5.3 机械通风	133
5.4 为确认加压系统的作用而进行的基础工作和试验	135
5.4.1 在英国进行的试验	136
5.4.2 烟流动的理论研究	140
5.4.3 加压的实用性	141
5.4.4 外国的研究情况	142
5.4.5 火灾试验	144
5.4.6 现有的经验	158
5.5 对于一个加压系统的要求	159
5.5.1 加压烟控系统的设计程序	161
5.5.2 关于加压空气输送的一般要求	186
5.5.3 加压空气从建筑物中的泄漏	188
5.5.4 当为一个建筑物设计加压系统时所应遵循的设计步骤	193
参考文献	195
附录A—对通过一扇打开的门的空气流量的估算方法	197
5.A.1 当仅是楼梯间加压的时候	198
5.A.2 在每个楼层的楼梯间和穿堂单独加压的时候, 有一个门 打开(穿堂和居住部分之间的门)	198
5.A.3 在每个楼层的楼梯间和穿堂单独加压的时候, 同一个穿堂 有两个打开的门(一个是楼梯间和穿堂之间的门; 另一 个是穿堂和居住部分之间的门)	199
附录B—一个加压方案的设计实例	202

绪 论

火作为一个有用的工具是人们的好朋友，但是当它在建筑物中不受控制的蔓延时便成为一个十分凶恶的敌人。1976年英国直接死于火灾的人数超过一千，而要求赔偿的财物直接损失则超过两亿零四百万英镑。可是自从二次世界大战以来火灾造成死亡的主要原因有了引人注目的变化，占死亡人数50%以上的人是死于烟和有毒气体：“丧生的人中由于火灾引起房屋设备燃烧而造成死亡的比例在十二年中基本保持不变，约占20%。统计表明，由于烟和有毒气体致死的人数超过因房屋设备燃烧而死的两倍以上”。^[1]

遗憾的是，在各种类型的工业、商业和社会性的建筑物中，那些能够产生烟的家用设备今天仍在生产、使用或销售。因此对于小火灾来说，烟在各种状况下所产生的危险都要大于火。但是目前大多数国家的建筑法则和法定监督系统都没有明确地把防烟规定作为对建筑物设计建造的要求，以确保在发生火灾时烟将不会进入“避难通道”中。对烟所进行的大量研究和测定将有助于我们把

烟的危险性减至最小。对于烟产生的过程和燃烧时所产生的混合物的了解，是一个首要的步骤。为了对烟雾的性质和可达到的浓度进行实测，经常采用小的发火装置引火来模拟火灾，使设计师们能够由此了解和正确评价在他们所设计的建筑物中由于烟的快速流动所造成的危险。

因此，在后面的章节里详述了火灾初期房间里火势的发展过程及其规律，从而得到控制火势和有毒气体蔓延的有效方法。除此之外，还制定出了确保烟不致进入避难通道的设计方案。一些火灾实例的记载报道了最近的某些时候由于人们对烟的流动和流动速度所产生的威胁的无知而遭受灾难的经历。这本书将为大家提供一些指导性的设计范例，这些资料大概可以帮助设计师和工程师们在他们的建筑设计方案中获得更为合理的安全标准。而且这些规则不仅适用于新建筑

因房屋设备火灾和其他类型火灾所造成死亡的

分类年度调查

表 0.1

火灾类型和死亡原因	1962	1967	1970	1972
火灾致死总人数	667	779	839	1078
因 火 烧	480	322	358	459
因烟或有毒气体	150	382	425	502
其 他	37	75	56	117
房屋设备火灾致死人数	156	212	270	289
因 火 烧	90	59	47	79
因烟或有毒气体	56	140	213	189
其 他	10	13	10	21
其他火灾致死人数	511	567	569	789
因 火 烧	390	263	311	380
因烟和有毒气体	94	242	212	313
其 他	27	62	46	96

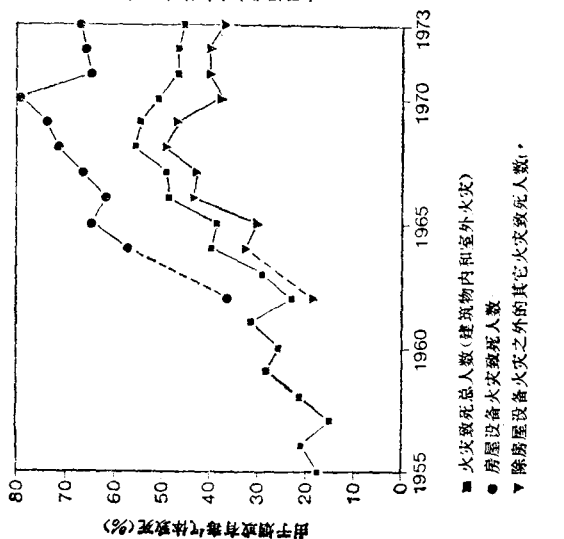


图 0.1 由于烟和有毒气体造成死亡的百分率
(1955~1973)

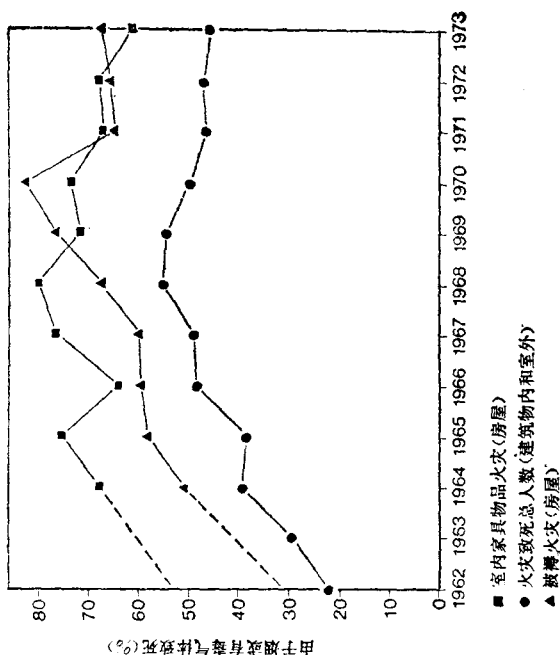


图 0.2 由于烟或有毒气体造成死亡的百分率，
(1962~1973)
(火灾死亡总人数和由于室内家具及被褥引起的火灾致死人数)

物的设计，也适用于对现有建筑物的改造，在改造古旧建筑物的时候，一方面要保留它们原来的传统风格，另一方面则需要改善它们的防火安全标准。

参 考 文 献

1. Chandler, S. E. (1976). Some trends in furniture fires in domestic premises. B.R.E. Current Paper 66/76, Fire Research Station, Borehamwood.

1.1 概要

每次火灾或同一次火灾中的不同时刻由燃烧所产生的烟有很大的差别。因此在讨论中只能广义地提烟质和烟量。

火焰上方的热气卷流是由许多部分组成的，一般可分为三类：

(a) 由燃烧物质释放出的高温蒸气和有毒气体。

(b) 被分解和凝聚的未燃物质（烟从浅色到黑色不等）。

(c) 被火焰加热而带入上升卷流中的大量空气。

包围着火的云状物叫做烟，它是由以上三类物质经过充分混合而成的混合物，它含有蒸气、有毒气体和弥散的固体微粒。

烟的体积、浓度和毒性全都取决于燃烧的物质和燃烧的方式。但它们又分别为不同的因素所决定，为了便于对它们各自产生的全过程进行研究，将对它们分别进行讨论。

下面首先讨论烟量的问题。我们把燃烧

时所产生的烟与空气混杂的混合物作为烟的总体来 进 行 讨 论，它的浓度和毒性取决于燃烧的物质，也就是燃料；而它的总量将取决于火的大小和起火建筑物的类型。燃料的种类仅影响烟量，至于火的大小则取决于是什么样的物质燃烧和燃烧的速度。不管烟浓密与否，总之烟是热的，而且含有大量足以使人丧生的毒气。

1.2 烟的生成原理

固体物质燃烧时物质本身发热，通常物质受热后将在燃烧物质的附近释放出挥发性可燃气体，由于这些可燃气体的燃烧以致在火的上方形成一个带有高温烟气的火柱。这是由于它的比重比四周的冷空气低，将产生一个明显的上升流动，结果使四周的冷空气与它混合在一起形成一个上升的气流。

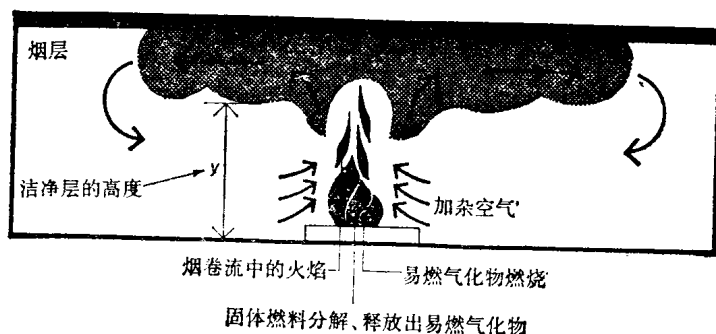


图 1.1 火中烟的产生

这部分混合空气将供给燃烧物质分解燃烧时所需要的氧

气，并且将产生火焰。但是由于火舌卷流的温度并不是十分高，氧气在其中的混合不够充分，因而使物质燃烧不完全，将产生弥散的固体微粒，这种形式的烟灰是烟的一个组成部分。

在火焰尖顶部上升的高温气体柱中总是含有比可燃气体燃烧时所需的更多的空气，而这部分剩余空气是相当热的，并且它和燃烧时所产生的热烟充分混合，从而构成烟的一个不可分割的主要组成部分。

1.3 由燃烧所产生的烟体积的计算

和燃烧时夹杂空气的总体积相比，可燃气体的体积较小。因此可以认为烟的产生率大致是由上升火焰和高温气体柱中夹杂（并被污染）的空气量所确定的。

夹杂空气量将取决于：

（a）火的周界。

（b）火的燃烧热。

（c）火上方高温气体柱的有效高度（即地板与在天花板下方形成的烟和高温气体层底部之间的距离）。

由燃烧所产生的混合气体的质量（即产生的烟量）可用下式进行计算^[1]：

$$M = 0.096 P \rho_0 y^{3/2} \left(g \frac{T_0}{T} \right)^{1/2} \quad (1.1)$$

式中采用的各符号的含义在表1.1中给出。表1.1中第三列所给出的是对于普通地点火灾当烟卷流中的火焰向上扩展到天花板下方的烟层时使用的标准数值，它也适用于对烟产生率的近似计算，除非另有适用于特定环境的其他数据。

公式1.1中所用参数的符号含义和标准值

表 1.1

符 号	含 义	计算烟量可用的标准值
P	火的周界	按实际情况定(m)
y	地板到天花板下方 烟层底部间的距离	按实际情况定(m)
ρ_0	周围空气的比重	在17°C时1.22kg/m ³
T_0	周围空气的绝对温度	290K
T	烟卷流中火的绝对温度	1100K
g	重力加速度	9.81m/s ²
M	烟的产生率	单位为kg/s

把上表中所列的参数值代入公式1.1中, 可使公式1.1化简为:

$$M = 0.188 \times P \times y^{3/2} \quad (1.2)$$

这个简化公式清楚地显示了烟的产生率与火的大小(P)

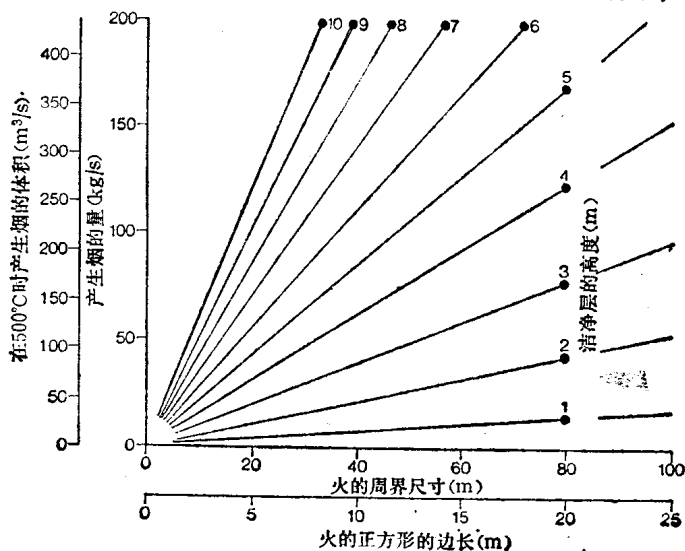


图 1.2 燃烧产生的烟量

成正比，并且依赖于上述净距(y)的高度。

图1.2中的曲线显示了对应于各种大小的火(P)，烟产生率的预期值和当建筑物中一旦发生火灾时火焰上方净距高度的(y)的预期值。

火的大小是用下面二者中任一个数值来表示的：

(a) 火的(圆)周界长度(m)；或

(b) 火的正方形边长(m)。

图中表示出烟产生率的数值(kg/s)，还表示出在500℃温度下的烟体积率(m^3/s)。

烟产生的质量流率和体积率之间的转换可以用下列数据来进行计算：

(a) 在17℃时空气的比重是 $1.22\text{kg}/\text{m}^3$

(b) 在 T ℃时空气(有烟的情况下)的比重是

$$1.22 \times \left(\frac{290}{T + 273} \right) \text{kg}/\text{m}^3 \quad (1.3)$$

(c) 烟的产生率(kg/s)除以烟在相应温度下的比重(kg/m^3)就可以变换成烟的体积率(m^3/s)。

在数值标准排列的表1.2中给出了烟产生的质量流率和体积率在各种单位制下的换算值。

1.4 限制火的大小以便进行设计计算

通常，当建筑物中发生火灾的时候要想对烟量进行估算几乎是不可能的，因为情况是在不断变化的，所以一般不能预言。烟的产生量将取决于火的大小(即周界)，假若火势增大，火的边界扩展，那么烟的产生量也将增加。

另一方面，烟的产生率也依赖于火上方净距的高度。如

烟的质量流率和体积率之间的转换

表 1.2

质 量 流 率		体 积 率			
kg/s	lb/s	m ³ /s		ft ³ /min	
		20°C	500°C	20°C	500°C
200	440.8	163.9	436.9	346928	925354
100	220.4	81.9	218.5	173464	462783
90	198.4	73.8	196.6	156308	416399
80	176.6	65.6	174.8	138941	370226
70	154.3	57.4	152.9	121573	323842
60	132.2	49.2	131.1	104205	277670
50	110.2	41.0	109.2	86838	231286
40	88.2	32.8	87.4	69470	185113
30	66.1	24.6	65.4	52103	138517
20	44.1	16.4	43.7	34735	92557
10	22.0	8.2	21.8	17346	46278
9	19.8	7.4	19.7	15631	41640
8	17.7	6.6	17.5	13894	37023
7	15.4	5.7	15.3	12157	32384
6	13.2	4.9	13.1	10420	27767
5	11.0	4.1	10.9	8684	23128
4	8.8	3.3	8.7	6947	18511
3	6.6	2.5	6.5	5210	13852
2	4.4	1.6	4.4	3473	9256
1	2.2	0.8	2.2	1735	4628

果火势增大，聚集在天花板下方的烟将变得非常浓厚，火上方的净距将随之减小，因此烟的产生率将变得越来越低。这两种对抗作用的大小将取决于建筑物中当时将要占优势的情况。当然，其他因素的作用也会影响烟的产生总量，例如一个火的扩展，随着火大小的增加不只是燃烧热增加。但是这些变量的数值即使对于一个给定的建筑物来说也肯定不能够