

高层建筑增压防烟

■ 黄芝廷 编译 ■

■ 辽宁科学技术出版社 ■



2493
+41

高层建筑增压防烟

黄芝廷 编译

辽宁科学技术出版社

高屋建筑增压防烟

Gao Ceng Jianzhu Zengya Fangyan

黄芝廷 编译

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 辽宁美术印刷厂分厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 3 1/8 字数: 67,000

1988年9月第1版

1988年9月第1次印刷

责任编辑: 周振林

责任校对: 赵淑新

封面设计: 邹君文

印数: 1—6,348

ISBN7—5381—0444—5/TU·32

定价: 0.95元

前 言

近年来,我国高层建筑迅速发展,由此而来的建筑防火、防烟问题越来越突出。针对这一情况,笔者翻译了英国出版的《安全防火设计中的烟气控制》一书中的部分内容,又结合我国建筑设计防火规范关于防烟、排烟的有关规定,编译了这本小册子。书中介绍了英国、美国、联邦德国等国家进行增压防烟实验研究的情况,论证了增压防烟技术的可行性和先进性。书中重点论述了高层建筑疏散通道增压防烟设计的方法,并提供了一些设计数据,还列举了三个有代表性的高层建筑增压防烟系统设计的实例。对从事建筑工程设计人员,高层建筑建设或使用单位、建筑施工单位的技术人员、消防人员有实用价值,对建筑工程院校教学也有参考意义。

编 者

1988年3月

目 录

第一部分 增压防烟技术的实验研究

- 一、增压防烟技术的兴起..... 1
- 二、增压防烟技术的实验研究..... 2
- 三、增压防烟的优点..... 20

第二部分 增压防烟系统的设计

- 一、增压空间..... 23
- 二、增压空间的空气压力..... 30
- 三、向增压空间输送增压空气..... 32
- 四、从增压空间向非增压空间排泄增压空气..... 40
- 五、从建筑物内非增压空间向建筑物
外部排泄增压空气..... 68
- 六、增压防烟系统的运转方式及设备的敷设..... 72

第三部分 增压防烟系统设计的实例

- 例 1：金融营业楼内增压防烟系统的设计..... 75
- 例 2：旅馆内增压防烟系统的设计..... 83
- 例 3：办公大厦内增压防烟系统的设计..... 88

第一部分

增压防烟技术的实验研究

一、增压防烟技术的兴起

所谓增压，是指利用机械手段向一定容积的封闭式空间里强制输送空气，使该空间内的空气压力大于相邻空间的空气压力，以期达到预想的目的。利用增压的方法达到预想的目的，人们曾经进行过各种尝试，并都取得了相应的效果。早在第二次世界大战时期，一些国家曾经利用增压的方法，防止敌人投放的化学毒气和细菌侵入军事防御作战部门的要害房间。在和平时期，又有人利用增压的方法，在工厂里制造洁净车间，在医院里制造无菌手术室。人们经过反复的探索和实践，取得了很多设计和使用增压方法的经验。

1961年，英国消防局的霍尔先生针对高层建筑火灾越来越突出，高层建筑内疏散通道防烟问题越来越重要的情况，建议用增压的方法来防止建筑物内发生火灾时产生的烟气向疏散通道流动。一年过后，霍尔先生的这一建议终于在一座政府办公大楼的建筑设计中被采纳了。霍尔先生是世界上最早提出增压防烟的人。继霍尔先生之后，澳大利亚又有人提出了利用增压技术防烟的建议。澳大利亚的建筑和消防当局对增压防烟的建议很重视，重新修改了1957年颁布的高层建筑法规中有关疏散通道防烟的条文。新颁布的高层建筑法规

允许作为疏散通道的楼梯间在三种防烟方式中任意选用其中一种。这三种防烟方式是：（1）楼梯间的入口设在建筑物外部的阳台上；（2）楼梯间设防烟前室；（3）楼梯间设送风增压设施。澳大利亚在世界上最先将增压防烟编入了建筑法规。

英国和澳大利亚这两个国家居先采用了增压防烟技术，并进行了若干年的实践，提供了宝贵的技术资料。毫无疑问，英国和澳大利亚这两个国家关于增压防烟的探索工作在上世界上产生了极其重要的影响，使许多国家都以极大的兴趣开始从事这方面的研究，使增压防烟技术得以在当今世界上兴起，并发展成为今天这样一种比较完善的增压防烟系统。

目前，增压防烟技术已经被越来越多的人所承认，被越来越多的国家所采用，越来越多的高层建筑设计安装了增压防烟系统。英国加的夫市26层楼的保险公司大厦就是设计安装了增压防烟系统的一例。

二、增压防烟技术的实验研究

（一）英国增压防烟技术的实验研究

1964年，英国消防科学研所在两座一般建筑物内对疏散通道增压防烟的可行性进行了初步实验研究。

1、三层库房内疏散通道增压防烟的初步实验研究

这次实验研究是在一座新建的三层库房内进行的。这座建筑物内设有一座垂直连通各层楼的楼梯，楼梯间为封闭式，每层楼的楼梯间与贮存面积之间设有一樘门。一台风量

为 $5040\text{米}^3/\text{时}$ 的送风机设置在楼梯间顶部，用于给楼梯间送风增压。楼梯间顶部还设有一个排烟口。第一层和第二层楼的小房间在实验中用做燃烧发烟室。

烟气是从专门设计的发烟装置里产生的，发烟纤维材料的数量及燃烧形式都是模拟实际火灾确定的。从实验记录上看，发烟室内的烟气量和燃烧温度虽然没有达到预计的数值，但发烟装置内的燃烧发烟毕竟是基本上模拟了初期火灾的情况，给实验提供了足够的热烟气。四次实验都是用热烟气进行的，其中有两次启用了送风增压的风机，另两次则没有启用送风增压的风机。四次实验都是先从底层楼燃烧发烟室发烟，然后再从第二层楼燃烧发烟室发烟。在没有启用送风机的实验中，当楼梯间所有的门都关闭时，烟气从发烟室穿过楼梯间的门缝侵入了楼梯间，楼梯间内使人难以忍受。当打开第一层和第二层楼楼梯间的门时，烟气很快就充满了楼梯间，并又穿过第三层楼楼梯间的门缝，扩散到没有发烟的第三层楼贮存面积。楼梯间顶部设置的排烟口在实验中并没有产生明显的排烟效果，这个现象对于制定建筑法规中有关自然排烟的条文具有很重要的意义。

在启用送风机对楼梯间进行送风增压的两次实验中，为了试验出阻止烟气穿过楼梯间关门的门缝侵入楼梯间的最小空气压力值，分别以不同的空气压力对楼梯间进行送风增压。实验结果表明，当楼梯间所有的门都关闭，楼梯间内的空气压力增加到5帕斯卡（0.5毫米水柱）时就可以起到阻止烟气穿过关门的门缝侵入楼梯间的作用。实验结果还表明，当发烟室所在的第一层楼或第二层楼楼梯间的门被短时间的开启时，5帕斯卡的空气压力是不能阻止烟气侵入楼梯

间的，将楼梯间内的空气压力增加到12.5帕斯卡（1.25毫米水柱）时也不能完全阻止烟气侵入楼梯间，但在12.5帕斯卡这个空气压力下，当楼梯间的门被重新关闭后，侵入楼梯间里的烟气很快又被排除出去。

从上述实验可以推断出如下的结论：当楼梯间所有的门都关闭时，12.5帕斯卡的空气压力是可以阻止烟气穿过楼梯间关门的门缝侵入楼梯间，使楼梯间内无烟的，而且还能把由于楼梯间的门被短时间的开启侵入楼梯间里的烟气排除出去。

2、四层实验楼内疏散通道增压防烟的初步实验研究

这个实验是在一座四层楼的实验楼内进行的。实验楼内设有一座垂直连通各层楼的楼梯，楼梯间在每层楼设有一樘门。楼梯间内设置的两台送风机及其送风管道在实验中用于给楼梯间送风增压，两台送风机可以启用其中的一台，也可以两台同时启用。实验中所用的烟气是从底层楼靠近楼梯间的一个房间里燃烧木材产生的，燃烧负荷为 30 公斤/米²。这个燃烧负荷值与居民住宅、旅馆和办公楼等建筑物内的燃烧负荷值是相似的。

实验研究分为以下几个方面：

（1）测量由燃烧和天气刮风产生的空气压力差

测量燃烧房间与楼梯间之间由燃烧产生的空气压力差是在天气不刮风的条件下进行的，测量点设在燃烧房间距地面 2 米高的门的上方。测量到的空气压力差最大值为 6 帕斯卡（0.6毫米水柱）。测量的结果与预想的情况完全一样，空气压力差是随着燃烧房间内温度的升高而增加的。

测量房间与楼梯间之间由天气刮风产生的空气压力差是

在天气较冷的6个月份里分几次进行的。测量到的空气压力差最高值达12.5帕斯卡。从测量结果可以看出，建筑物内由于外界刮风条件产生的空气压力差要比燃烧产生的空气压力差大得多，天气刮风是影响增压防烟的主要因素。

建筑物内发生火灾时，烟气之所以从燃烧区域向楼梯间流动，主要是由于燃烧温度升高或刮风天气致使燃烧区域内空气压力增加，即在燃烧区域与楼梯间之间产生空气压力差造成的。所以说，掌握燃烧区域与楼梯间之间的空气压力差，对于确定给楼梯间增加多少空气压力才能收到防烟效果是很重要的。

(2) 测量从楼梯间经由关门的门缝向非增压空间流动的空气量

在楼梯间所有的门都关闭的情况下，增压空气从楼梯间向非增压空间流动的主要途径是门缝。楼梯间的门为装配式的普通单扇门，门缝宽为0.003米，门缝的总面积为 0.013米^2 ，测量的结果与计算结果完全一致，当楼梯间内的空气压力增加到50帕斯卡(5毫米水柱)时，从楼梯间经由每樘关门的门缝处向非增压空间流动的空气量为 $0.075\text{米}^3/\text{秒}$ 。

(3) 对楼梯间进行增压防烟的燃烧实验

首先对楼梯间进行非增压的燃烧实验。在燃烧房间内点火燃烧10分钟后，楼梯间内充满了烟气，使人难以忍受。

燃烧18分钟后，火焰将楼梯间关闭的门部分烧坏，并窜进楼梯间。

燃烧25分钟后，耐火极限为0.50小时的防火门被完全烧坏。

然后，再将楼梯间全部恢复到原来的正常状态，在楼梯

间的门关闭的情况下,进行增压防烟的燃烧实验。在燃烧房间内点火燃烧后,即以50帕斯卡的空气压力对楼梯间进行送风增压。在50分钟的燃烧实验期间内,燃烧房间内的烟气一直没有侵入楼梯间,楼梯间内的温度也没有明显上升,虽然楼梯间的门边缘被烧坏,门缝增宽,但火焰却始终没有窜入楼梯间。

最后,打开燃烧房间所在的底层楼楼梯间的门进行增压防烟燃烧实验。楼梯间内增加的空气压力仍然采用50帕斯卡。为了对楼梯间的门在不同开启角度时增压防烟的效果进行比较,实验中把楼梯间的门从零度开始逐渐的开启到各种角度。从实验中拍摄的照片来看,楼梯间的门无论开启到多大的角度,楼梯间内一直是无烟的。开启楼梯间的门并没有使增压防烟效果受到多大的影响。

从上述实验可以得出这样的结论:送风增压不仅起到了有效的阻止烟气向楼梯间侵入的作用,而且还明显的提高了楼梯间围护结构的耐火性能。

(二) 美国增压防烟技术的实验研究

1972年,美国针对以往所做的增压防烟实验研究都是以低层建筑物为对象的,对于高层建筑物内的疏散通道增压防烟是否可行还不能确切定论,在两座拟定拆除的高层建筑物内对疏散通道进行了增压防烟的实验研究。

1、二十二层办公大厦内疏散通道增压防烟的实验研究

布鲁克林科学研究所受纽约市消防局的委托,在一座二十二层的办公大厦内对楼梯间进行了增压防烟的实验研究。楼梯间内安装了两台轴流风机,一台风量为 $68400\text{米}^3/\text{时}$ 的风机安装在楼梯间底部,用于给楼梯间送风增压。另一台

风量为 $16\,920\text{米}^3/\text{时}$ 的风机安装在楼梯间顶部,用于给楼梯间排烟。

首先启动楼梯间底部的风机给楼梯间送风增压,测量楼梯间内增加的空气压力。由于楼梯间只在底部送风增压,楼梯间内的空气压力是不均匀的,是由下向上递减的。当楼梯间底部的空气压力增加到75帕斯卡(7.5毫米水柱)时,楼梯间顶部的空气压力增加到20帕斯卡(2毫米水柱);当楼梯间底部的空气压力增加到250帕斯卡(25毫米水柱)时,楼梯间顶部的空气压力增加到75帕斯卡。这些空气压力值是在楼梯间的门关闭的条件下测量到的。当楼梯间的门开启时,楼梯间顶部的空气压力很难得到增加。

然后用烟幕弹在楼梯间内发烟,启动楼梯间顶部的风机进行增压防烟实验。由于楼梯间只在顶部送风增压,空气压力是由上向下递减的,结果使烟气被迫集中在楼梯间的底部,因为这种情况不太切合实际,所以这种实验没有继续进行下去。

最后按原计划在楼梯间附近四个地方点火燃烧对楼梯间进行增压防烟实验。第一个燃烧的地方是在第7层楼的一个房间里,房间面积为 155米^2 ,燃烧物为木质桌子、椅子、报纸、橡胶和塑料等,燃烧负荷为 $28\text{公斤}/\text{米}^2$ 。另外三个燃烧的地方是在第10层楼上,燃烧面积为 $18\sim 32\text{米}^2$,燃烧物为办公用品,燃烧负荷为 $26\sim 45\text{公斤}/\text{米}^2$ 。楼梯间内增加的空气压力采用50帕斯卡。仪器测量和目视观察都证明,无论在楼梯间所有的门都关闭,还是在楼梯间有三樘门开启时,楼梯间内一直是无烟的。

从上述实验得出的结论如下:

①用送风增压的方法为高层建筑物内的楼梯间防烟是切实可行的；

②送风增压的方法不仅可以为高层建筑物内的人员进行安全疏散提供无烟通道，也可以为消防队员扑救高层建筑物内的火灾开辟前进的道路。

③楼梯间顶部用于排烟的风机完全可以取消，但应该在非增压空间内靠近楼梯间的门口处设置适当尺寸的排气途径，以便使增压空气不断的从增压空间向非增压空间流动，维持增压空间与非增压空间之间的空气压力差，提高增压防烟的效果。

2、十四层旅馆内疏散通道增压防烟的实验研究

佐治亚州亚特兰大市建筑局在亚特兰大市亨利·格瑞德十四层的旅馆内对楼梯间和电梯间进行了增压防烟的燃烧实验。实验中分别在楼梯间和电梯间的底部安装了送风增压的风机，楼梯间内的风机最大风量为 $39600\text{米}^3/\text{时}$ ，电梯间内的风机最大风量为 $61200\text{米}^3/\text{时}$ 。燃烧的楼层为第三层和第五层，燃烧物为办公物品和木质货架，燃烧负荷为 $20\text{公斤}/\text{米}^2$ 。

从这次实验得出的结论如下：

①送风增压完全可以达到为疏散楼梯间防烟的目的，

②用送风增压的方法为电梯间防烟也是行之有效的，

③在对楼梯间或电梯间进行送风增压的基础上，再对楼梯间或电梯间的前室进行送风增压，可以大大地提高楼梯间或电梯间的防烟效果，

④由于楼梯间只在底部送风增压，当底层楼梯间的门开启时，楼梯间内的空气压力几乎全部损失掉。所以，楼梯

间或电梯间内不能只设一个送风口，而是应该沿其高度设置几个送风口，以便使其空气压力均匀，有效地避免由于楼梯间或电梯间在某一层楼的门开启时，造成整个楼梯间或电梯间内的空气压力受到较大的损失。

(三) 联邦德国增压防烟技术的实验研究

1976年，联邦德国在汉堡的一座办公楼内设计安装了增压防烟系统，并对楼梯间及其前室进行了增压防烟的实验研究。

这座办公楼地上有7层，地下有1层，它的平面近似于一个长方形，其长×宽为28米×13米。它的东、西两个长边都与相邻的建筑物毗连。它的北侧——即后面靠河。它的出入口设在唯一临街的南侧短边上。

这座办公楼需要设置一座疏散楼梯，两台服务电梯。由于受到周围环境的限制，建筑物的东、西两个长边外墙上不能设置可开启的自然排烟窗，南、北两个短边上虽然能够设置可开启的自然排烟窗，但又受到安全疏散距离的限制，所以，楼梯间及其前室不可能靠近设有自然排烟窗的外墙布置。如果采用传统的自然防烟方式，在布置在建筑物中间的楼梯间的入口处设一个类似烟囱的大天井的话，着火时每层楼上的人员要进行疏散，都必须先通过天井四周的走廊再进入楼梯间，那种防烟方式非但防烟效果不好，而且还要占用很多的建筑面积。这座办公楼的工程设计人员为了既保证楼梯间防烟的效果，又节省建筑面积，经过慎重周密的考虑，最后确定楼梯间采用图1所示的平面布置方式，并为楼梯间及其前室设计增压防烟系统。

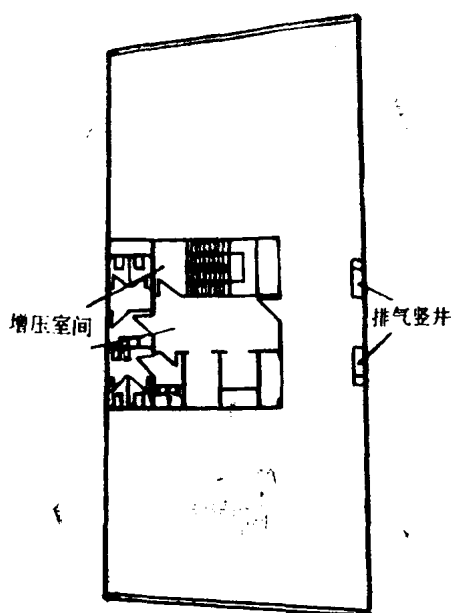


图 1 汉堡办公楼的平面图

汉堡建筑管理部门和消防部门没有用增压方法为疏散通道防烟的经验，但他们对这种新问世的防烟方法却很感兴趣，当他们了解了一些别的国家增压防烟的情况、并掌握了一些增压防烟的经验数据后，决定同意在这座办公楼内设计安装增压防烟系统，并提出了以下两个要求：

第一、增压防烟系统的设计必须保证楼梯间在着火情况下或在出现“烟囱”效应的条件下，当开启四樘门时，仍然保持一定的空气压力，以便继续阻止烟气从开启的门口侵入楼梯间。

第二、建筑物竣工后，必须对增压防烟系统进行实际的

燃烧实验，以便证明增压防烟系统为楼梯间及其前室防烟是有效的。

增压防烟系统设计的基本情况如下：

①结合建筑物平时使用方面的要求，增压防烟系统的运转方式采用两段式，即给楼梯间及其前室送风增压的风机在平时以低转速连续运转，进行空气调节，当建筑物内任何地方发生火灾事故时，风机立即调整为高转速运转。

②发生火灾事故时，送风增压的风机从低转速调整到高转速运转，由设置在每层楼上的感烟探测器来联动控制。

③楼梯间与其前室增加的空气压力相同，平时增加的空气压力不小于15帕斯卡（1.5毫米水柱），发生火灾事故时增加的空气压力不小于50帕斯卡（楼梯间及其前室所有的门都关闭时的增压情况）见图2。

④火灾事故的备用电源由设在地下室的一台柴油发电机供给。

⑤楼梯间及其前室所需要的增压空气分别由设在屋顶上的风机进行输送。

⑥当任意一层楼楼梯间前室与非增压空间之间开启一樘门，或在楼梯间与其前室之间、前室与非增压空间之间同时开启两樘门时，增压空气从增压空间经由开门的门口向非增压空间流动的速度不小于0.5米/秒。当在两层楼楼梯间前室与非增压空间之间同时开启两樘门，或在两层楼的楼梯间与其前室之间，前室与非增压空间之间同时开启四樘门（其中底层楼前室的门向建筑物外部开启）时，增压空气从增压空间经由开门的门口向非增压空间流动的速度仍然不小于0.5米/秒（见图3）。为了满足上述条件，增加向楼梯

①用送风增压的方法为高层建筑物内的楼梯间防烟是切实可行的；

②送风增压的方法不仅可以为高层建筑物内的人员进行安全疏散提供无烟通道，也可以为消防队员扑救高层建筑物内的火灾开辟前进的道路。

③楼梯间顶部用于排烟的风机完全可以取消，但应该在非增压空间内靠近楼梯间的门口处设置适当尺寸的排气途径，以便使增压空气不断的从增压空间向非增压空间流动，维持增压空间与非增压空间之间的空气压力差，提高增压防烟的效果。

2、十四层旅馆内疏散通道增压防烟的实验研究

佐治亚州亚特兰大市建筑局在亚特兰大市亨利·格瑞德十四层的旅馆内对楼梯间和电梯间进行了增压防烟的燃烧实验。实验中分别在楼梯间和电梯间的底部安装了送风增压的风机，楼梯间内的风机最大风量为 $39600\text{米}^3/\text{时}$ ，电梯间内的风机最大风量为 $61200\text{米}^3/\text{时}$ 。燃烧的楼层为第三层和第五层，燃烧物为办公物品和木质货架，燃烧负荷为 $20\text{公斤}/\text{米}^2$ 。

从这次实验得出的结论如下：

①送风增压完全可以达到为疏散楼梯间防烟的目的；

②用送风增压的方法为电梯间防烟也是行之有效的；

③在对楼梯间或电梯间进行送风增压的基础上，再对楼梯间或电梯间的前室进行送风增压，可以大大地提高楼梯间或电梯间的防烟效果；

④由于楼梯间只在底部送风增压，当底层楼楼梯间的门开启时，楼梯间内的空气压力几乎全部损失掉。所以，楼梯