

关于高大空间消防排烟的探讨

尹鹏

中国建筑科学研究院有限公司, 北京 100013

[摘要]越来越多的城市建筑朝着科技化和现代化的方向发展,从而衍生出了许多大空间建筑,其在空间组织和设计方面具有独特的使用特性和表现效果,已经逐渐发展成为城市建筑设计的热点内容。因此在进行大空间建筑设计过程中,高大空间排烟系统设计是保障高层建筑火灾安全和舒适环境的重要组成部分。随着城市建设的不断发展和人们对建筑安全的关注,对高大空间排烟系统的设计提出了更高的要求。

[关键词]高大空间; 排烟系统; 设计

DOI: 10.33142/aem.v6i12.14872 中图分类号: X913.4 文献标识码: A

Discussion on Fire and Smoke Exhaust in High-rise Spaces

YIN Peng

China Academy of Building Research Co., Ltd., Beijing, 100013, China

Abstract: More and more urban buildings are developing towards technology and modernization, which has led to the emergence of many large space buildings. They have unique usage characteristics and performance effects in spatial organization and design, and have gradually become a hot topic in urban architectural design. Therefore, in the process of designing large space buildings, the design of smoke exhaust systems for tall spaces is an important component in ensuring fire safety and comfortable environments for high-rise buildings. With the continuous development of urban construction and people's attention to building safety, higher requirements have been put forward for the design of smoke exhaust systems in high-rise spaces.

Keywords: high-rise spaces; smoke exhaust system; design

引言

随着我国经济现代化建设的高速发展,高大型公共建筑不断涌现,这些建筑物无论在体型、空间高度、使用功能、装修标准等方面均较过去 50-70 年代修建的同类型建筑更具现代化、大型化、非标准化。

高大空间的民用建筑如:大型舞剧院、国际会展中心、大会堂、文史博物馆等;生产性建筑如:各种生产类别的工业电子厂房、储存仓库等,这些建筑不仅体型大,高度高,除普通生产厂房与储存仓库外大都有较高的装修标准,同时也是功能复杂、人员密集、火灾隐患较大的大型空间建筑。

1 建筑高大空间排烟系统的设计原则

1.1 安全性是排烟系统设计的首要考虑因素

系统应满足建筑火灾安全的要求,确保人员在火灾发生时能够安全疏散,并提供适当的条件供消防人员进行救援。排烟系统的设计应考虑建筑物的使用功能、人员密度、疏散路径和楼层高度等因素,以确保火灾发生时排烟系统的有效运行。

1.2 烟气控制原则

排烟系统设计应能够控制烟雾的分布和扩散,减少烟气对人员的威胁,并提供足够的可见度和通风条件。通过合理的排烟出口设置和排烟通道设计,烟气可以被有效地引导到室外,减少对室内空间的侵害。此外,可采用烟气分层控制技术,将烟气引导到较高的区域,以保持较低的烟雾浓度。

1.3 空气质量原则

排烟系统应确保室内空气质量符合相关标准。在火灾发生时,排烟系统应能够及时排除烟雾和有害气体,避免对人体健康造成危害。合理的通风设计和空气净化技术的应用可以提高室内空气质量,减少有害气体的积累,并降低人员感染疾病的风险。

1.4 系统可靠性原则

排烟系统的设计应具备可靠性,以确保在火灾发生时能够正常运行。系统应考虑外部电力供应的可靠性,设计备用电源和自动切换装置,以确保排烟设备的正常运行。此外,排烟系统还应考虑火灾自动报警系统的集成,实现联动控制和快速响应,提高系统的可靠性和反应速度。

2 项目背景情况

厦门某超高层建筑,建筑高度 210m。地上 45 层,地下 3 层。主塔楼综合考虑城市关系,由低至高分三个竖向区块。整个建筑的低区以南向为主导,结合南侧主入口设置通高中庭,中庭正对城市公园,实现了建筑自身与城市景观间的渗透。

塔楼低区集合了活跃的公共功能内容,包括办公大堂、营业厅、培训中心、员工食堂、会议中心、集团办公。

塔楼西侧的裙楼包括多功能厅、报告厅、企业文化展示厅、城市咖啡馆以及 VIP 餐厅等综合功能。裙房由圆柱形体量叠落而成,环环相扣交织在一起,并被水景环绕。

塔楼中区为标准办公楼层，包括开放办公区、管理办公室、会客、会议、接待、档案室等功能。

塔楼高区包含高区会议中心、保管箱库房、高管办公、开放办公区、管理办公室、会客、会议、接待、档案室、贵宾室、商务中心、行政接待、企业展厅等功能。

其中办公高区 2 区 3 区 4 区办公大堂高度在 42m，如下图所示：

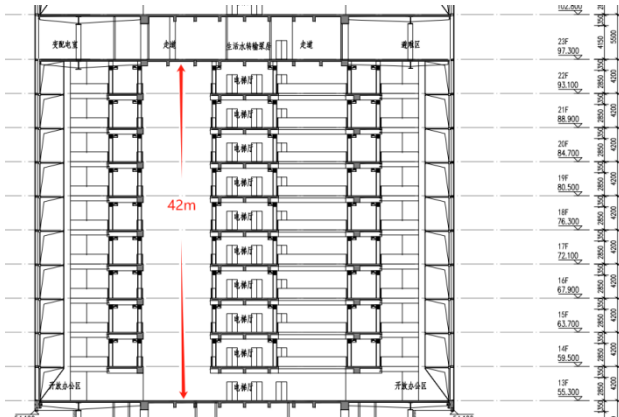


图 1 2 区大堂剖面

(1)中庭定义：参照上海市建筑设计防烟技术规范，三层或者三层以上空间，对边最小净距离不小于 5m，且连通空间的最小投影面积大于 100m²大容积空间。

(2)火灾分类：有限燃料火灾、稳定火灾、t-平方(t²)火灾、非稳定火灾、通风受限火灾。

(3)非稳定火灾的特点

成长期：实验数据型、t₂-型、其他特定形式；

稳定期：基于实验或现场分析可能达到的稳定期，此时，热释放率为常数；

衰退期：基于实验或现场分析（比如：在特定的净高下由于喷洒的作用）的可能衰退。

(4)通过实验或实际场景分析，根据在达到 1MW 的热释放率时所耗时间，可以把火灾分成四种：慢速火灾、中速火灾、快速火灾、超快速火灾。

热释放速率的计算可根据国标规范《建筑防烟排烟系统技术标准》。

$$Q = a \cdot t^2 \quad (1)$$

Q-热释放速率 t-火灾增长时间 a-火灾增长系数，计算且不应小于规范要求的限定值。

(5) t²-型火灾增长长期模型是常见的设计火灾模型；设计场景下的火灾模型的确应考虑诸多因素，再加以工程判断，在已知可燃物分布的情况下，可以通过实验数据或火焰传播模型数值模拟来确定。

(6)关于烟羽流的基本概念：当发生火灾时，烟气卷吸周围空气形成的混合烟气流。烟羽流按火焰及烟的流动情形，可分为轴对称性烟羽流、阳台溢出型烟羽流、窗口型烟羽流等。

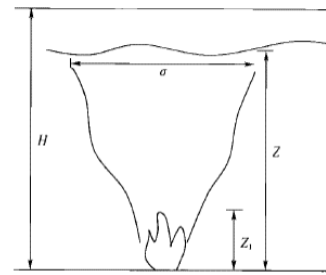


图 2 轴对称型烟羽流

上升过程不与四周墙壁或者障碍物接触，并且不会受到气流干扰的烟羽流。

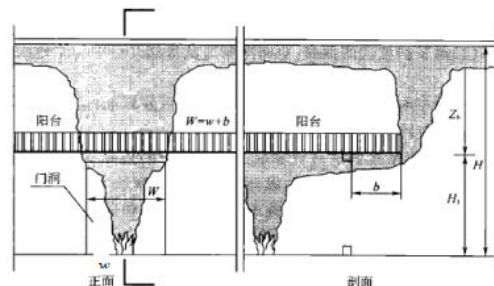


图 3 阳台溢出型烟羽流

从着火房间的门（窗）梁处溢出，并沿着火房间外的阳台，或水平突出物流动至阳台，或者水平突出物的边缘向上溢出至相邻高大空间的烟羽流。

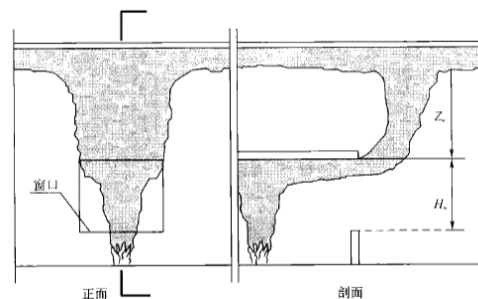


图 4 窗口型烟羽流

从发生通风受限火灾的房间或隔间的门、窗等开口外溢出至相邻高大空间的烟羽流。



图 5 实际案例 烟羽流

(7) 储烟仓与清晰高度

储烟仓：位于建筑空间的顶部，由挡烟垂壁、梁或隔墙等形成的用于蓄积火灾烟气的空间。

清晰高度：烟层下边缘至室内地面的高度。

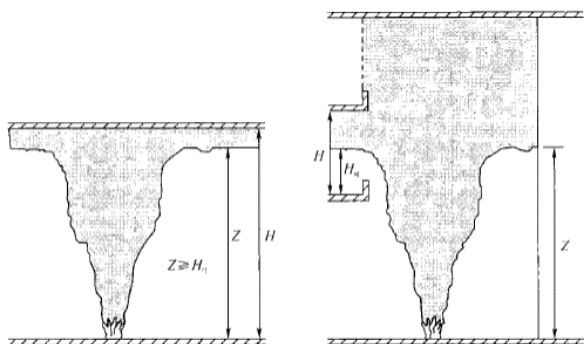


图6 储烟仓与清洗高度关系

储烟仓厚度根据国标规范《建筑防烟排烟系统技术标准》第4.6.2条的规定储烟仓的厚度最小不能小于500mm。

最小清晰高度根据公式计算确定：

$$H_q = 1.6 + 0.1 \cdot H' \quad (2)$$

H_q 最小清晰高度； H' 对于单层空间，取排烟空间的建筑净高度(m)；对于多层空间，取最高疏散楼层的层高(m)。

空间净高确定：

①对于平顶和锯齿形的顶棚，空间净高为顶棚下边缘到地面的距离。

②对于斜坡式的顶棚，空间净高为排烟口中心到地面的距离。

③对于有吊顶的场所，其净高应从吊顶处算起，设置格栅吊顶的场所，其净高应从上层楼板下的边缘算起。

(8) 实际上，对于高大空间（中庭、室内商业街，以及其他大空间）还有个烟气层分层现象。因此规范中也规定了当储烟仓的烟层与周围空气的温度差小于 15°C 时，应通过降低排烟口的设置高度等措施重新调整排烟设计。

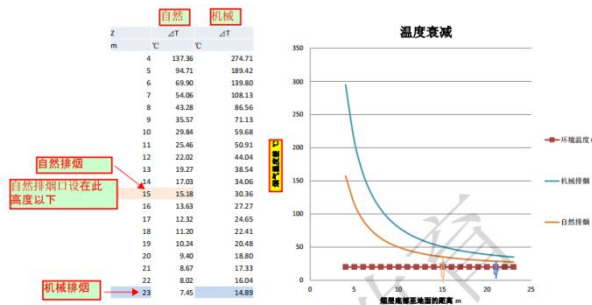


图7 高大空间烟气层分析

通过上图分析得出：

①热释放率 4MW 时，在自然排烟/机械排烟的情况下，大概分别在 15m/23m 高左右，烟气与环境温差开始小于 15°C 。

②随高度越高，烟气温度越低；温差越小，说明烟气

上升的动力越小；自然排烟主要靠的是温差。所以，越往上越需要较大的排烟窗。所以，“调整排烟设计”包括：采用机械排烟设施或适当降低自然排烟设施的高度等技术措施。

③烟羽流的重要特点

- a. 质量守恒：烟气扩散越高或越远， γ 烟气密度越低；
- b. 能量守恒：烟气扩散越高或越远， t 烟气温度越低；
- c. 特定的化学物质守恒：烟气扩散越高或越远， c_o 等化学物质浓度越低。

(9) 排烟口数量的确定

临界排烟量计算，可根据烟规第 4.6.14 机械排烟系统中，单个排烟口的最大允许排烟量 V_{max} 宜按下式计算，或者按照标准附录 B 选取。

$$V_{max} = 4.16 \cdot \gamma \cdot \left(\frac{T - T_0}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}} d_b^{\frac{5}{2}} \quad (3)$$

V_{max} —排烟口最大允许排烟量 (m^3/s)；

γ —排烟位置系数；当风口中心点到最近墙体的距离 ≥ 2 倍的排烟口当量直径时； γ 取 1.0；当风口中心点到最近墙体的距离 < 2 倍的排烟口当量直径时； γ 取 0.5；当吸入口位于墙体上时， γ 取 0.5；

d_b —排烟系统吸入口最低点之下烟气的层厚度 (m)；

T —烟层的平均绝对温度 (K)；

T_0 —环境的绝对温度 (K)。

3 结论

如图 1 所示，该项目中庭净高 42m，如设置排烟口只在最顶层设置，由于温差的原因烟气在 23m 左右会出现烟气分层现象，导致无法排出。因此系统布局和出口设置应根据实际情况设计。

首先，空间布局。了解建筑的结构和功能布局是系统布局的基础。根据建筑的形状、面积和高度等特点，确定合适的排烟出口位置和数量。在高大空间中，通常在顶部或侧壁设置排烟出口，以确保烟气能够迅速排出建筑。其次，烟气分布规律。通过烟气分析和模拟，了解烟气在高大空间中的运动和分布规律。考虑烟气的上升趋势、温度差异、密度差异等因素，合理设置排烟出口的位置和高度，以便烟气能够顺利排放。再次，排烟通道。设计合适的排烟通道，将烟气从排烟出口引导到室外或排烟设备中。通道的布置应考虑烟气的流动路径和通畅性，以减少排烟阻力。通道的截面积、高度和弯曲度等参数需要根据烟气产生量和流速进行合理设计，以确保烟气顺畅地流出建筑。最后，排烟出口位置和数量。根据空间布局和烟气分布规律，确定排烟出口的位置和数量。出口位置应位于高处，并考虑烟气分布的热点区域和烟气下降的趋势。根据空间大小和火灾风险，确定合适的排烟出口数量，以确保排烟效果。最后，出口的尺寸和形状。出口的尺寸和形状应根据烟气产生量和排烟流速进行合理设计。出口的面积和形状直

接影响烟气的排放效果。通过合理的出口尺寸和形状，可以减小烟气流速，降低噪音和压降，提高排烟系统的效率。

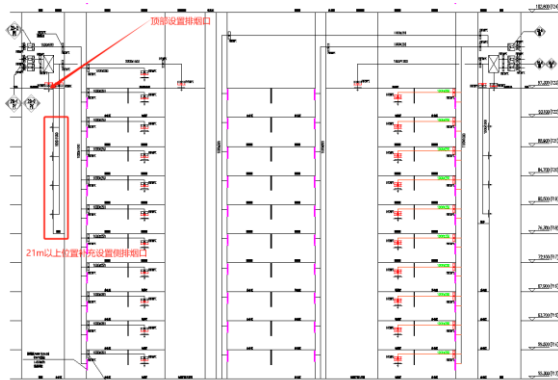


图8 排烟口位置布置示意图

[参考文献]

- [1]公安部四川消防研究所.《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017[S].北京:中国计划出版社,2017:3.
- [2]上海建筑设计研究院有限公司,上海市消防救援总队,应急管理部上海消防研究所.《上海市工程建设规范》DG/J08-88-2021 J10035-2021[S].上海:同济大学出版社,2021:3.

作者简介:尹鹏(1983.6—),男,汉,学历:本科,专业:建筑环境与设备工程,研究方向:空调通风。