

浅谈超高层建筑的防排烟系统设计

赵凯辉

中国建筑科学研究院有限公司, 北京 100013

[摘要] 本论文聚焦于超高层建筑的防排烟设计, 详细阐述了其重要性、设计原则与方法, 通过分析实际案例, 探讨了现有设计中存在的问题及优化策略, 为未来超高层建筑的防排烟设计提供有益的参考。

[关键词] 超高层建筑; 防排烟; 设计原则; 优化策略

DOI: 10.33142/ec.v7i10.13749

中图分类号: TU247

文献标识码: A

Brief Discussion on the Design of Smoke Control System for Super High-rise Buildings

ZHAO Kaihui

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

Abstract: This paper focuses on the smoke control design of super high-rise buildings, elaborating on its importance, design principles, and methods. Through analyzing practical cases, it explores the problems and optimization strategies in existing designs, providing useful references for the smoke control design of future super high-rise buildings.

Keywords: super high-rise buildings; smoke control and exhaust; design principles; optimization strategy

引言

(1) 超高层建筑的发展现状及趋势

超高层建筑在过去的一段时间内数量增长迅速, 在一些经济较发达地区, 超高层建筑的数量不断增加。例如, 中国在过去一段时间内建设了大量的超高层建筑。另外超高层建筑的高度不断攀升, 已建成使用的世界最高建筑前 10 名中, 有多座位于亚洲地区, 中国境内也有若干座。部分超高层建筑的高度不断突破新高。其次超高层建筑地域分布扩展: 从集中在长三角、珠三角等经济发达地区, 逐渐向其他区域扩展, 一些二线城市也出现了超高层建筑。

然而, 超高层建筑的建设也面临一些挑战和限制。例如, 建设和维护成本高昂, 对城市的交通、环境等可能产生一定影响。2021 年 10 月 22 日, 住房和城乡建设部、应急管理部发布了《关于加强超高层建筑规划建设管理的通知》, 其中明确指出要严格管控新建超高层建筑, 从严控制建筑高度, 合理确定建筑布局, 深化细化评估论证, 强化公共投资管理, 压紧夯实决策责任等; 以后超高层建筑会面临的发展需要在满足城市发展需求的同时, 充分考虑安全、可持续性、经济等多方面因素, 通过技术创新和科学管理, 实现健康、有序的发展。

(2) 防排烟设计在超高层建筑中的重要性

超高层建筑由于其内部结构的复杂性和特殊性, 因此在火灾风险方面需要更加严格的管理和防护。防排烟设计作为建筑消防设计的重要内容, 对人员疏散、火灾救援等都有很重要的作用。超高层建筑垂直高度大火灾时烟囱效应明显, 烟雾容易在竖向通道中快速上升。科学的防排烟设计可以削弱烟囱效应的影响, 将建筑内部的烟气控制在

一定范围内, 防止烟雾在整个建筑内扩散, 从而降低火灾的影响范围, 减少人员伤亡, 降低火灾经济损失。

1 超高层建筑防排烟设计的基本原理与要求

1.1 火灾烟气的特性及危害

烟气常常伴有有毒气体的排放, 如一氧化碳、氰化氢、二氧化硫、二氧化氮等。这些气体的含量往往超过人们生理正常所允许的最高浓度, 可能引发中毒甚至死亡; 火灾时的烟气中含有大量的烟尘颗粒, 这些颗粒不仅会对人体的呼吸系统造成刺激和伤害, 还可能携带有害物质进入人体, 长时间吸入这些烟尘颗粒可能导致呼吸道疾病、肺部损伤等; 火灾时烟气具有较高的温度, 房间内温度过高对人体呼吸道及内脏产生不可逆的灼伤, 且房间温度达到一定值后火灾会进入到轰燃阶段, 使火灾的危害性进一步扩大。

1.2 防排烟系统的作用与分类

建筑防排烟系统的作用是控制火灾烟气的蔓延、保障人员安全疏散、有利于消防救援; 减少火灾危害, 保护人身和财产安全; 建筑防排烟系统分为防烟系统和排烟系统, 防烟系统主要是通过自然通风手段, 防止火灾烟气在楼梯间、前室、避难层等安全空间内积聚, 或者是通过机械加压送风手段阻止火灾烟气进入楼梯间、前室、避难层等空间; 排烟系统主要是通过自然排烟或机械排烟的手段, 将房间、走道等空间的烟气排到建筑物外。

1.3 相关规范与标准对超高层建筑防排烟设计的特殊要求

超高层建筑因其高度比较大, 此时建筑受风压影响较大, 利用建筑本身的自然通风条件难以起到有效阻止烟气进入人员疏散安全区域的作用所以《消防设施通用规范》

GB 55036—2022 中 11.2.1 条规定：建筑高度大于 100m 的住宅、建筑高度大于 50m 的公共建筑和建筑高度大于 50m 的工业建筑的防烟楼梯间及其前室、消防电梯的前室和合用前室应设置机械加压送风系统；超高层建筑层数多，高度大，建筑安全疏散垂直高度很大，老弱病残难以短时间内通过疏散楼梯跑至室外，因此相关规范要求不超过 50m 需要设置避难层（间），相关规范也对避难区（间）提出要求，如《消防设施通用规范》GB 55036—2022 中 11.2.4 条规定，避难区采用自然排烟需要设置不同朝向的可开启外窗，且每个朝向的可开启外窗面积不小于 2 平方米，总有效开窗面积不小于总建筑的 2%，避难间应有一侧外墙具有可开启外窗，可开启有效面积应大于等于该避难间建筑面积的 2%，并不小于 2.0 m²，不能满足此规范要求的需按《建筑防烟排烟系统技术标准》中的相关要求设置机械加压送风系统。

此外超高层因其高度大，对防排烟系统的负担高度也做了相关规定，《消防设施通用规范》GB 55036—2022 中 11.2.2.3、11.3.3.2 条分别规定加压送风系统的服务高度不大于 100m，公共建筑排烟系统的服务高度不大于 50m，住宅建筑排烟系统的服务高度不大于 100m。

2 超高层建筑防排烟系统的设计要点

2.1 防烟系统设计

(1) 超高层建筑的下列部位要设置防烟系统，以保障人员的疏散安全

防烟楼梯间、封闭楼梯间、前室、合用前室、消防电梯前室、避难走道前室、避难间。

(2) 自然通风系统

①采用自然通风方式避难间至少设置两个方向的可开启外窗，可开启外窗的有效面积不小于本避难间建筑面积的 2%，且每个方向上可开启外窗的面积不小于 2.0 m²。不满足此要求的需要设置机械加压送风系统；

②超高层建筑的防烟楼梯间、前室、合用前室和消防电梯前室不允许采用自然通风；

③其余规定遵循常规防烟系统要求。

(3) 机械加压送风系统

①超高层建筑的防烟楼梯间、前室、合用前室和消防电梯前室均采用机械加压送风系统，为最大程度保证加压送风效果，每个楼梯间、前室等位置均应独立设置机械加压送风系统（风机、风管均独立设置）；

②超高层建筑的机械防烟竖向应该分段设计，每段加压送风系统的服务高度不应该超过 100m；

③避难间采用了机械送风系统也应该在外墙上设置可开启的外窗，可开启外窗的有效面积不小于本避难间建筑面积的 1%。且可开启外窗的有效面积的计算应按照《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251—2017 中有关自然排烟窗（口）开启的有效面积复核；

④机械加压送风系统的设计风量不应小于计算风量的 1.2 倍，加压送风风机应放在专用机房内；

⑤其余规定遵循常规防烟系统要求。

2.2 排烟系统设计

(1) 防烟分区的划分：防烟系统的划分应满足《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251—2017 中表 4.2.4 条的规定。注意空间净高的计算，当吊顶采用开孔率大于 25% 的镂空吊顶时，空间的净高应按结构板下的净高计算；如果采用的是封闭吊顶，空间净高则按封闭吊顶下皮净高计算；防烟分区应采用不燃材料划分防烟分区。挡烟垂壁的高度应该大于储烟仓厚度，并且挡烟垂壁的高度大于 500mm。

(2) 排烟方式的选择（自然排烟、机械排烟）：

《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251—2017 中表 4.1.1 条的规定：建筑排烟系统优先选用自然排烟，但针对超高层建筑（除高端公寓等居住建筑）实际项目中多采用机械排烟系统，从经济方面讲公共建筑一般层高较高可以满足排烟风管的安装空间，不会因为层高不够而额外增加层高提升造价；从实际排烟效果方面讲，超高层建筑受风压影响较大，火灾位置具有不确定性，自然排烟设置并不能完全保证排烟的效果，且超高层受开窗角度和高度的限制较多，自然排烟有效开窗面积较多层建筑投资更大，综上所述建议超高层建筑优先采用机械排烟系统。

(3) 排烟量的计算与确定

①建筑空间净高不大于 6m 的房间，防烟分区的排烟量计算值应大于 60 m³ / (h · m²)，计算风量也不应该小于 15000 m³ / h；

②建筑空间净高大于 6m 的场所，其每个防烟分区的排烟量按照国家标准《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251—2017 第 4.6.3 条第 2 款的规定计算确定，且不小于标准中表 4.6.3 中的数值；

③仅对走道设置排烟时，其机械排烟量不小于 13000 m³ / (h · m²)；当房间和走道均设置排烟时，走道的机械排烟量按 60 m³ / (h · m²) 计算，且不小于 13000 m³ / h；

④一台排烟风机负担两个以上的防烟分区的排烟量时，净高不超过 6m 区域，排烟风机的排烟量不小于任意相邻的两个防烟分区的排烟量之和的 1.2 倍；对于净高超过 6m 的区域排烟风机的风量应该按防烟分区中最大的排烟量的 1.2 倍计算；

⑤净高不同的场所（净高大于 6m 和净高小于 6m 的场所），排烟系统宜单独设置，因为其排烟量一般相差较大，风机选型和风管尺寸都相差很大，不适合共用排烟系统。

(4) 排烟系统的设计风量不应小于该系统计算风量的 1.2 倍，排烟风机应放在专用的排烟机房内。

2.3 防排烟系统管道的设计与布置

(1) 加压送风系统竖向风管应紧贴其所服务的区域；

排烟系统立管应尽量按区域预留,合理控制单个排烟风管的服务半径,尽量减少排烟管道对平面净高的影响。

(2) 加压送风风机建议放在系统下方,排烟风机放在系统最高点,防排烟系统管道在避难层高度集中,避难层管道在初步设计过程中应初步进行管线综合,优化布局,合理排布防排烟系统管道,施工图过程中采用先进技术(如BIM技术)对管线进行综合,保证其检修空间及空间净高。

3 超高层建筑防排烟系统的控制与联动

3.1 排烟系统控制

(1) 机械加压送风风机的启动应符合下列规定:

①现场手动启动;②通过火灾自动报警系统自动启动;③消防控制室手动启动;④系统中任一常闭加压送风口开启时,加压风机应能自动启动。

(2) 机械送风系统和电气火灾报警系统应该联动控制,具体操作参见《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116的4.5.1条规定。

(3) 其余系统控制要求参见现行规范。

3.2 排烟系统控制

(1) 排烟风机、补风机的控制方式应符合下列规定:

①现场手动启动;②火灾自动报警系统自动启动;③消防控制室手动启动;④系统中任一排烟阀或排烟口开启时,排烟风机、补风机自动启动;⑤排烟防火阀在280℃时应自行关闭,并应连锁关闭排烟风机和补风机。

(2) 其余系统控制要求参见现行规范。

4 超高层建筑防排烟设计中存在的问题与挑战

4.1 气流组织的复杂性

超高层建筑单一的使用性质并不能满足当今设计发展的需求,超高层建筑内部可能会承担更多的功能,因此会造成气流组织更加复杂多变,造成火灾时烟气流向的更多不确定性;更多的使用功能势必带来建筑火灾危险性的增加,不合理的建筑布局会造成气流组织的混乱,对建筑的安全性造成更大的危害;对此暖通防排烟设计过程中应全程参与,对建筑的房间布局、功能布局、风井等问题提出合理的意见和建议,尤其注重排烟和加压送风气流组织问题,防止烟气排出后又经加压送风系统送入到建筑的安全区域,这样会对建筑的安全性起到相反的效果。

4.2 超高层建筑竖向高度对防排烟效果的影响

超高层建筑高度大,采用自然排烟时会受外部风力影响很大,火灾位置和时间都存在不确定性,如果火灾时风正好是由室外吹向室内,此时自然排烟不仅不能起到排烟的效果,还会给火灾带来大量的空气,助长火势的蔓延,对建筑的安全性起到了反向作用;另外,新的防排烟规范

对排烟窗的高度做了明确要求,一般情况下可开启外窗,需要设置手动开启装置,并且超高层建筑一般是比较高档的建筑,使用方对建筑的美观性要求较高,从这两方面讲,超高层建筑建议采用机械排烟形式,其一能保证排烟效果,其二对建筑室内的美观性不影响。

4.3 维护成本大

超高层的设备多,设备维护成本大,但是安全重于泰山,消防系统平时的维护、保养工作才是重中之重,保证了消防设备的正常运行才能保证广大居民的人身、财产安全;不能认为项目验收完成了任务就结束了,项目验收完成的第一天才是建筑本身服务于业主的第一天,也是消防系统开始保障建筑内人员安全的第一天,后面设备的维护、维修需要责任到人,只有这样才能保证人员安全。

5 超高层建筑防排烟设计的优化策略

5.1 前期设计

设计前期各专业协同优化建筑布局,合理设计气流组织,保证系统人员安全疏散,避免排烟系统穿过加压送风场所,从源头上避免风险点,排烟和加压送风在室外的风口应该保证间距,避免出现短路现象,对建筑安全起到反向作用。

5.2 智能化防排烟系统的发展

通过先进科技、设备提高防排烟系统的智能化程度,增加防排烟系统的可靠性,对烟感、温感等探测设备升级,提高其灵敏性,出现火灾时能快速响应,及时疏散人员,对防排烟的风机、阀门更新换代使用更可靠的设备。

5.3 与其他消防系统的协同设计

防排烟系统作为消防系统的重要组成部分,应与其他消防系统协同作业,如防排烟系统与火灾自动报警系统协作能更及时开启防排烟的设备,为火灾前期人员安全疏散和消防队员扑救火灾创造有利的条件。

[参考文献]

- [1] 王洋. 某一类高层建筑防排烟系统设计[J]. 居业, 2019(4): 41-43.
 - [2] 张家兴. 超高层建筑暖通空调系统设计探讨[J]. 中国住宅设施, 2023(2): 40-42.
 - [3] 肖建文. 超高层建筑防排烟系统常见问题分析[J]. 中国设备工程, 2021(10): 2.
 - [4] 张晓露. 试论超高层综合办公楼防排烟系统设计[J]. 中华建设, 2018(11): 2.
 - [5] 赵维宁. 高层建筑防排烟系统设计及施工中应注意的问题[J]. 工程质量, 2022(9): 6-8.
- 作者简介: 赵凯辉(1989—), 男, 汉, 籍贯: 河北石家庄, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 暖通空调。