

超高层建筑消防防排烟系统设计的优化研究

冉应燕

贵州省建设工程消防设计审查验收技术服务中心

摘要：超高层建筑的火灾风险非常大，消防安全是超高层建筑设计中的一个非常重要的方面，而消防防排烟系统是超高层建筑消防设施中的一个关键系统。如何优化消防防排烟系统的设计，提高其可靠性和效率，同时降低投资和运行成本，是超高层建筑消防安全研究中的一个重要问题。因此，本文旨在对超高层建筑消防防排烟系统的设计进行优化研究，为消防安全提供技术支持和指导。

关键词：超高层；消防；防排烟系统；设计优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.099

引言

随着城市化进程的加速，超高层建筑的不断增加，这些建筑在火灾发生时会出现严重的安全问题。因此，超高层建筑的消防安全问题一直是一个备受关注的话题。消防防排烟系统作为超高层建筑消防安全的重要组成部分，其设计质量直接影响着高层建筑火灾事故的处理和救援。因此，超高层建筑消防防排烟系统的设计优化是非常有必要的。目前，国内外在超高层建筑消防防排烟系统设计优化方面的研究比较少，且存在一些不足之处，如缺乏系统性、针对性、延展性等。为此对超高层建筑消防防排烟系统设计进行深入研究，探索设计优化方法，具有重要的理论和实践意义。

一、超高层建筑消防防排烟系统概述

（一）消防防排烟原理

消防防烟是通过自然通风或者机械加压方式保证重要疏散通道的安全。自然通风是通过热压和风压作用产生压差，形成自然通风，以防止火灾烟气在楼梯间、前室等空间内积聚；机械加压送风方式的防烟系统是通过送风机送风，使需要加压送风的部位压力大于周围环境的压力，以阻止火灾烟气侵入楼梯间、前室、避难层（间）等空间。为保证疏散通道不受烟气侵害，使人员能够安全疏散。

消防排烟原理是指利用空气流动的原理，将火灾现场的烟气和有毒气体迅速排出建筑物内部，以降低烟气浓度和温度，保证人员疏散和消防救援的安全性。排烟系统通过自然通风或机械通风的方式，将室内空气流动加速，使得烟气能够迅速排出建筑物内部，达到降低室内烟气浓度和温度的目的。

（二）消防防排烟系统组成

消防防排烟系统是由消防防排烟风机、管道、风口、控制系统等多个部件组成，这些组件有不同的功能，都是为了确保火灾期间的人员安全和减少火灾对建筑物的损害。排烟系统的设计和优化应该考虑这些组件的功能和互相之间的协作，以确保系统的正常工作和最佳效果。

二、超高层建筑消防防排烟系统设计原则及要求

（一）设计原则

首先，确保人员生命安全为最高准则，通过采取有效的防烟、排烟措施，降低火灾对人员的伤害；其次，系统设计应满足相关法规与标准的要求，以保证建筑功能的实用性和安全性；再次，采用先进的技术与方法，提高系统的可靠性、稳定性和有效性；最后，注重系统的节能性，降低对环境的负荷。遵循这些原则，有助于实现超高层建筑消防防排烟系统设计的优化。

（二）设计要求

超高层建筑消防防排烟系统应符合国家和地方的消防法规、标准和设计规范，确保设计合规性，根据建筑的使用性质、结构特点、人员密度等因素综合考虑，充分满足防火分隔、疏散通道及避难层的要求。系统设计遵循可靠性、安全性和易操作性原则，确保在火灾发生时能够迅速、有效地排放烟雾，降低火灾扩散速度，为人员疏散和消防救援争取宝贵时间。此外，系统应考虑节能环保，采用先进的技术与设备，降低能耗和环境污染。消防防排烟系统应与其他消防系统（如消防报警、灭火设备等）实现联动控制，形成统一的消防安全体系，提高综合防火能力。

（三）相关法规与标准

在超高层建筑消防防排烟系统设计中，遵循相关法规与标准至关重要。设计者需参考国际、国家和地方性标准，以确保系统设计的安全性、有效性和可靠性。其中，国家标准《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）（2018年版）和《建筑防烟排烟系统技术标准》（GB 51251-2017）（以下简称：技术标准）为中国超高层建筑消防系统设计的核心指南，明确了防火分隔、疏散通道、排烟系统等方面的具体要求。此外，设计者应关注行业发展趋势，了解并借鉴国际先进标准。

三、超高层建筑消防防排烟系统设计中的问题及优化方法

（一）超高层建筑的消防防烟系统设计中的问题及优化

在超高层建筑消防防烟系统设计中，由于增设避难层，使得竖向楼梯在避难层处进行了分段，《技术标准》第3.1.2和3.3.1条明确规定了超高层建筑中消防防排烟系统竖向高度要求，一般设计中，楼梯是随避难层分段设置，前室及合用前室是按照不超过100m分段设置。而且《技术标准》3.3.5-1、3.3.5-2明确了加压风机的进风口设置位置及要求。那么在实际工程设计实施过程中，第一个避难层以上部分楼梯间和100m以上前室及合用前室的加压送风系统进风口势必要设置在第一个避难层处，甚至有部分工程为了节约下部空间，第一个避难层以下部分楼梯间和100m以下前室及合用前室的加压送风系统进风口也设置在了上部，其加压送风系统的可靠

性令人担忧。火灾发生时一旦初期无法控制，会快速的蔓延，尤其是超高层建筑，烟气由于热升力的作用，会迅速包裹住建筑主体，如图1所示。

如图2所示，根据《技术标准》5.1.3-1条要求，该超高层建筑的楼梯间加压系统工作时开启的楼梯间是其着火分区所在的层的楼梯间，也就是如果火灾发生时着火层在13层，楼梯间加压系统应开启第二段所在起火防火分区的所有楼梯间加压，那么如果加压系统风机进风口设置在第二个避难层（24层），后期很大可能就会使得吸入空气中含有烟气甚至是火苗，而导致加压送风系统失效或者因为入口处防火阀关闭而暂停工作。所以对于超高层建筑而言，送风机的进风口设置在下部极具必要性。其次，即便是送风机的进风口设置在下部，也

只能设置在第一个避难层（即12层），烟气也会很快扩散下沉而影响加压送风系统效果，为了使得系统更加可靠，在设计时可以考虑送风机的进风口设置在两个相对的面，互为备用，在吸风处设置烟气探测，一旦有烟气卷入吸风口，立即关闭该吸风口防火阀，切换到另外一侧吸风口工作，以增加系统可靠性，争取人员疏散时间。另外，由于超高层烟气竖向扩散极快，楼梯间在着火层以上部分会迅速被烟包裹而增加被烟气入侵的可能，可以考虑在火灾发生时第一时间开启一段时间着火楼层以上所有楼梯间加压送风系统，以确保所有楼梯间不被烟气入侵，如吸风口探测到烟气时关闭该系统吸风口防火阀并关闭加压风机，争取疏散条件更为安全，供疏散的时间更为长久。



图1 长沙电信大楼火灾现场照片

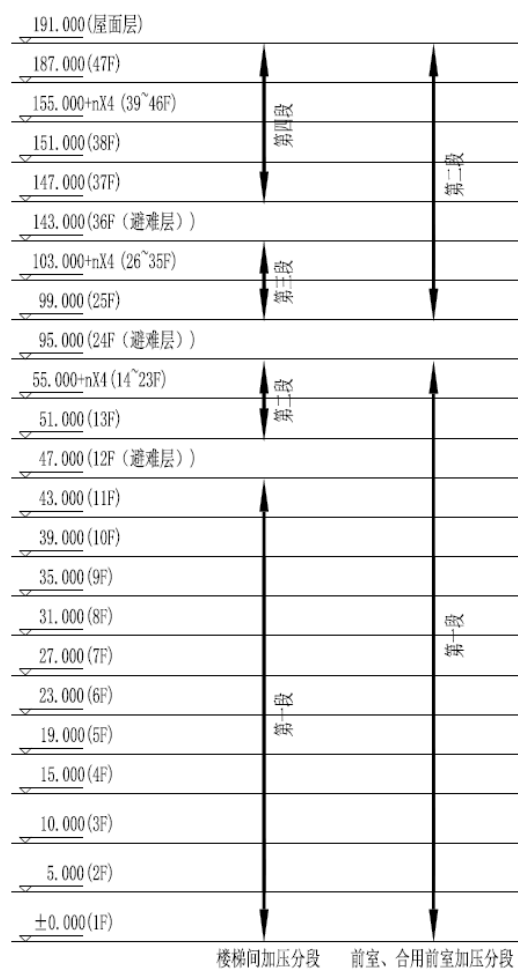


图2 某综合楼竖向加压分段示意图

（二）超高层建筑的消防排烟系统设计中的问题及优化

在超高层建筑的消防排烟系统设计中，一个问题是自然排烟系统的可靠性及扩展性不足。自然排烟由于无须额外提供动力而成为最优考虑的排烟方式，但是在超高层建筑中由于风压影响，可能实际运行时达不到设计要求效果。比如在迎风面，5m的迎面风速即可转化成15Pa的静压作用，在有限的层高范围内，靠烟气的热压作用烟气根本排不出去，如果超过500平米的空间，在

相对的面上采取补风和排烟时甚至会引起穿堂风效应，会迅速使得火灾蔓延扩散。另外在主体设计阶段由于一般不设置吊顶，装修阶段改变房间分隔等情况，主体建设和装修工程时对应的房间面积，储烟仓高度等不一致，如果主体建设时这些参数没有考虑后期装饰时余量，整个系统延展性就不足。因此在设计过程了，一方面应注重建筑所在地区风速和风向，综合考虑迎风面的影响；另一方面应考虑结合后期装修满足后期装修条件的排烟方式，留取适当的余量。

另一个问题是机械排烟系统设计风量不足,不能应对实际火灾发生时的排烟要求。由于《技术标准》4.6.4-1要求对于一个排烟系统有多个防烟分区时,对于小于6m的空间为“同一个防火分区任意相邻防烟分区排烟量之和的最大值”,那么对于内走道来说,对于每层只划分一个防烟分区的设计风量就是13000m³/h,排烟风机风量就是15600m³/h。一方面,该系统后期延展性不足,如果装修时增加一个房间纳入排烟系统,该系统无法满足设计要求;另一方面由于超高层建筑火灾蔓延特别快,因此应对两层及以上有排烟需要时能力不足。因此在设计时建议按两个以上房间考虑排烟量,排烟风机排烟量设置在36000m³/h以上,以提高排烟系统的扩展能力和满足火灾蔓延初期的能力。必须指出的是,加大风量势必会增加系统初期投资,而且还会带来风口风量和设计风量相差较大,出现超速超压等问题,设计时应该予以综合分析,如防烟分区划分尽可能一致,加大末端排烟口和支管截面积等进行验算,确保系统能应对至少两种以上的工况。

(三) 超高层建筑的消防防排烟系统联动控制设计中的问题及优化

联动控制是消防防排烟系统实现设计功能的关键所在,在火灾发生时联动正确与否关系到系统能否实现既定任务。在消防防烟控制设计中,《技术标准》3.4.4条及3.4.9条明确了前室和楼梯间加压时的余压要求,但是前室的压力控制存在这样一个隐患:由于压力传感器灵活小巧,所以现在对加压楼梯间和前室的压力控制大多都是采用压力传感器+电动阀泄压的模式。对于超高层建筑的前室火灾时开启的是着火层及相邻的上下层,那么在余压控制时由于着火层的疏散门开启,实际压力不足,但是上下层未开启而超压,如果风机旁通(或泄压)电动阀只采取一个压力传感器信号,有可能导致提前旁通(或泄压)加压风量,而无法真正防护着火楼层。因此在前室的消防防烟系统压力控制采用压力传感器时,应综合三层传感器的信号或者设置10~15s的时间延迟,再进行旁通(或泄压),以保证系统达到设计目的。

在消防排烟控制设计中,《技术标准》中2.1.4条对排烟防火阀的定义,4.4.10对排烟防火阀的设置位置进行了明确,5.2.2条对控制方式提出了要求,其中4.4.10及5.2.2条均为强条,但是5.2.2-5条控制要求与其中4.4.6条(非强制条文)要求不符,虽然部分省级住建厅对此进行了解释,应当按照4.4.6条执行,但是设计时应当予以重视,尤其是对于部分无解释的地区,均应该按照4.4.6条执行,以保证排烟系统的排烟效果,保证人员的疏散安全的同时,也为后期的消防救援创造一定的条件。

四、高层建筑消防防排烟系统设计实施与管理

(一) 设计实施过程中的关键环节

在高层建筑消防防排烟系统的设计实施过程中,在设计初期进行现场勘察和资料收集,充分了解建筑物的结构、功能、消防设施和人员密度等信息,以确定防排烟系统的设计方案。设计过程中需要与建筑设计师、电

气工程师等相关专业人员进行充分沟通与协调,确保防排烟系统的安全性、有效性和适用性。同时,在设计过程中还需对各种设备的选型、布局、管路设计等进行综合考虑,以确保系统的可操作性和便捷性。在施工完成后需要进行全面的测试与调试,以确保防排烟系统的正常运行和满足消防安全的要求。

(二) 消防防排烟系统的运行与维护管理

消防防排烟系统的运行与维护管理对于保障超高层建筑火灾安全具有重要意义。消防防排烟系统的运行管理应当根据建筑物的实际情况制定相应的运行规程,对于设备的日常运行、定期检查和维护保养进行规范化的管理,保证系统运行的稳定性和可靠性。同时,应当加强对于消防防排烟系统的日常巡检和设备运行状态的监测,及时发现并处理设备的故障和缺陷,保证系统的正常运行。在消防防排烟系统的维护管理中,还应当建立健全的档案资料,记录设备的运行情况、维护保养情况、故障处理情况等,为系统的日常维护管理和长期性能评估提供参考依据。同时,还应当加强对于设备使用人员的培训和教育,提高其对于消防防排烟系统的认识和应急处理能力,确保在发生火灾时能够快速有效地启动和操作设备,最大限度地保障人员的生命财产安全。

(三) 消防防排烟系统性能评估与优化更新

消防防排烟系统的性能评估与优化更新是保证系统性能和安全性的重要手段,定期对消防防排烟系统的性能进行评估,包括系统的可靠性、效率、安全性等方面的评估。通过评估发现问题和不足,及时采取相应的优化措施,提高系统的性能和安全性。对于系统的优化更新,应当考虑到新技术、新材料和新设备的应用,对系统进行改进和更新,提高系统的性能和效率。同时,应当加强对于系统的性能测试和模拟研究,通过模拟研究分析系统的流场特性、烟气分布特性等,优化设计方案和改进措施,提高系统的性能和安全性。在优化更新的过程中,还应当注重系统的可持续性发展,提高系统的经济性和环保性,推动系统的可持续发展。

结语

本文以高层建筑消防防排烟系统设计的优化为研究目的,通过总结国内外研究现状及发展趋势,分析高层建筑特点及火灾风险分析,深入探讨了消防防排烟系统的设计原则、要求和优化方法,提出了高层建筑消防防排烟系统设计实施与管理。但是,目前高层建筑消防防排烟系统设计存在的问题仍然需要进一步研究和探讨,如何充分考虑系统安全性、可靠性、节能性和经济性等方面,将是未来研究的重点。因此,未来的研究应该进一步完善理论,提高技术水平,提高消防防排烟系统设计的质量和效率,为建筑消防安全提供更好的保障。

参考文献

- [1] 叶佳. 高层建筑暖通消防工程防排烟系统施工分析[J]. 消防界(电子版), 2022, 8(12): 59-61.
- [2] 董宁宁. 高层建筑防排烟系统常见问题及解决对策[J]. 今日消防, 2021, 6(04): 26-27.
- [3] 曾援. 论消防防排烟系统在高层建筑火灾中的重要性[J]. 四川水泥, 2017(09): 258.