

高层建筑呼吸式幕墙消防设计对策刍议

范金磊

嘉林建设集团有限公司

摘要：随着我国城市化进程的推进，为缓解城市建设用地资源匮乏问题，高层建筑工程项目数量出现了明显的增加，对高层建筑的安全性也提出了更高的要求。消防设计是现代高层建筑设计中的关键性环节之一。由于近年来呼吸式幕墙在高层建筑工程中得到了越来越广泛地应用，因此消防设计人员也应高度重视呼吸式幕墙的消防安全问题。本文将对呼吸式幕墙特点及其消防设计难点进行分析，并提出相关的消防设计对策，以促进高层建筑安全性的提高。

关键词：高层建筑；呼吸式幕墙；消防设计；设计对策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.10.108

随着节能环保理念已经逐渐成为新时期我国建筑行业的重要指导思想，具有较好节能环保性能的呼吸式幕墙在高层建筑工程中的应用范围也在逐步扩大。与传统幕墙结构项目相比，呼吸式幕墙不仅能够更加有效地控制室内外温差，并且可以避免光污染问题，对于提高高层建筑工程的节能效果具有重要的作用。但是，通过对呼吸式幕墙的实践应用经验的总结分析发现，其存在较大的消防安全隐患，因此需要加强呼吸式幕墙的消防设计。设计人员应准确把握呼吸式幕墙消防安全设计中的重难点环节，积极借鉴国内外的成功经验，不断优化设计方案，全面提升呼吸式幕墙消防设计水平和质量，为高层建筑工程提供更加可靠的安全保证，从而推动我国建筑行业的健康有序发展。

一、概述高层建筑呼吸式幕墙消防设计

（一）高层建筑呼吸式幕墙

高层建筑工程中的呼吸式幕墙结构也就是由两道玻璃幕墙共同构成的双层通风幕墙结构^[1]。与传统单层幕墙结构相比，热量和空气能够在相对封闭的换气层内流动，这使得呼吸式幕墙结构在控制内外温差、隔音效果以及节能环保效果等方面均有了明显的提高，因此在高层建筑工程中得到了越来越广泛的应用^[1]。

（二）高层建筑呼吸式幕墙消防设计难点分析

虽然呼吸式幕墙结构具有良好的遮阳、隔音效果，且能够更好地为高层建筑工程提供自然通风条件，有利于提高高层建筑的节能效果，但是受呼吸式幕墙结构特点影响，其在消防安全方面存在较大的风险隐患。这主要是由于当室外温度高于呼吸式幕墙结构的通风换气层内的温度时，换气层内密度相对较小的空气会沿通道垂直向上扩展，最终通过顶部流出。与此同时，密度较大

的空气则会从通道底部向换气层内流入，从而产生烟囱效应，而烟囱效应的形成则会给高层建筑的消防安全带来较大的威胁。特别是随着换气层内外温差的加大，烟囱效应将愈加显著。而在火灾发生时，所产生的烟气以及火焰温度均较高，一旦呼吸式幕墙内层玻璃出现破裂的情况，其就会快速进入换气层内加剧烟囱效应，导致火势在高层建筑内迅速蔓延。通过对高层建筑呼吸式幕墙结构的分析发现，在呼吸式幕墙的纵向空间内，高温烟气的扩散速度能够达到3m/s到4m/s左右。按此速度计算，即使高层建筑的高度达到200m，高温烟气和火势也能够1min左右从建筑底部蔓延至顶层，因此在客观上加大呼吸式幕墙消防设计的难度^[2]。在高层建筑呼吸式幕墙的消防设计中，如何阻断高温烟气以及火势的扩散蔓延就成了设计中的重难点环节之一。

同时，在高层建筑呼吸式幕墙的消防设计中防火分区的划分也是小计的难点之一。按照我国高层建筑的消防设计规范要求，如采用的是自动喷淋消防系统时，一般应将防火分区的面积控制在2000m²以内。但在采用了呼吸式幕墙结构的高层建筑设计实践中，因每个幕墙单元之间相对独立，并需要在内幕墙玻璃上设置分隔设施，因此很难满足防火分区边界条件，影响防火卷帘以及防火墙等消防设施的设置。所以在设计实践中往往需要叠加计算与幕墙单位相邻的防火分区面积，而这会导致防火分区的实际面积超出高层建筑消防安全设计规范要求，增加设计的难度。

此外，在高层建筑呼吸式幕墙的消防设计中，设计人员还应兼顾消防设计方案的防火性能、节能环保性能以及造型的美观性等多方面的要求，在不同维度要求上取得平衡，才能确保呼吸式幕墙消防设计达到高层建筑工程设计的整体要求。

（三）高层建筑呼吸式幕墙消防安全设计要求分析

根据高层建筑呼吸式幕墙的特点，在其消防设计中应首先能够实现对火灾初期阶段火焰蔓延范围的有效控制，将火灾影响范围限制在着火层内，以避免火焰以及高温烟气向高层建筑的其他楼层扩散，从而为高层建筑内的人员疏散以及及时开展消防救援工作创造有利条件。同时，在高层建筑呼吸式幕墙的消防设计中，还应尽量避免着火层上方玻璃破裂作为一个重要的设计要求，这也是防止高温烟气向高层建筑内非着火层蔓延的关键之一。在消防设计实践中如受客观因素限制无法完全达到这一设计要求时，设计人员也应将确保内幕墙的破裂时间比外幕墙玻璃的破裂时间更晚作为设计目标，

以满足消防安全设计要求^[2]。

二、高层建筑呼吸式幕墙消防设计对策分析

(一) 模拟分析呼吸式幕墙在火灾发生时的相关参数

在对高层建筑工程的呼吸式幕墙进行消防设计时，设计人员应利用专业软件模拟分析火灾发生时的相关关键性参数，以便为设计参数的取值以及设计方案的优化提供可靠的参考依据。幕墙在高层建筑工程中主要采用的有内呼吸式幕墙结构以及外呼吸式幕墙结构，幕墙结构形式的不同使其在消防设计的要求方面也存在一定的差异。通常当高层建筑工程采用内呼吸式幕墙结构时，各楼层幕墙单元之间相对独立，而且仅需设置较窄的热通道，一旦发生火灾时，烟气能够快速从内幕墙溢出并与外幕墙接触，此时烟气的高温会在很短时间对外幕墙造成破坏，因此受其自身特点影响，在对内呼吸式幕墙结构进行消防设计时可直接借鉴单幕墙以及普通高层建筑工程的消防设计规范。与之相比，外呼吸式幕墙则需要设计较宽的热通道，客观上造成在火灾发生后高温烟气会对外幕墙产生热辐射作用，并会沿内幕墙向上蔓延，这会使得上层内幕墙同时受到热辐射以及对流加热的影响。当高温烟气蔓延至热通道顶部位置后将进一步对内外幕墙产生回卷影响。所以消防设计人员应重点加强对外呼吸式幕墙结构中较为复杂的烟气流通过程进行分析，并准确判断其对幕墙结构的具体影响程度，才能在此基础上开展消防设计工作。

在模拟分析中可以采用FDS等专业软件，且应充分了解高层建筑工程整体结构以及呼吸式幕墙结构特点，这样才能合理设置火灾发生点位和火灾场景，并对内外幕墙破裂温度等关键性参数进行建模分析。当呼吸式幕墙采用的是上下贯通的结构形式时，由于在内部一般无可燃物存在，所以内外幕墙之间通常并不会发生火灾。而建筑内部则会有各种类型的可燃物存在，且往往有大量人员聚集，如有人员吸烟或者其他用火行为，即有可能成为火源，并引发消防安全事故。在模拟分析过程中，消防设计人员应积极借鉴火灾案例，合理设定火灾场景，以便对不同火灾规模、火灾类型以及热释放效率条件下的域内外温度以及发烟率等参数进行计算。同时，消防设计人员在构建分析模型时还应结合所设定的火灾场景来科学设置起火点位置、面积，并可将FDS默认值作为热辐射比例值。在建模分析时还应综合考虑高层建筑室外温度、室内是否有空调或其他温控设备存在等因素，且应将水喷淋等消防设施失效等最不利场景考虑在内，以确保模拟分析结果的准确性和客观性。在完成模型构建后，消防设计人员还应在高层建筑的内外幕墙上合理设置热电偶等观测仪器，以便对着火楼层以及影响范围内的各楼层幕墙的温度变化进行监测和记录，从而获取准确的参考数据。

(二) 严格控制呼吸式幕墙材料的防火性能

在高层建筑呼吸式幕墙的消防设计中，材料的防火性能直接关系到幕墙以及建筑工程整体的消防安全性，因此消防设计人员应严格按照相关消防设计规范要求，加强对材料防火性能的控制。呼吸式幕墙结构中一般采用复合型材料，且其防火等级应达到A2级以上^[3]。在选择材料时还应注意其密封性，以避免有缝隙存在，给火势的蔓延留下传递通道。在选择呼吸式幕墙的约束隔板材料时，材纵向隔离料的耐火极限应达到1h以上。同时，在选择防火挑檐材料时，其应为不燃烧性材料，且耐火极限也应达到1h以上^[3]。

玻璃是呼吸式幕墙中最重要的材料之一，因此消防设计人员在选择玻璃材料时应严格遵守高层建筑所在地区的消防安全规定，确保其耐火极限能够达到消防安全要求。通常在呼吸式幕墙的消防设计中，外幕墙所使用玻璃的耐火性能可适当低于内幕墙玻璃。在现阶段的呼吸式幕墙的消防设计实践中，设计人员在选择幕墙结构的内外层玻璃时或者是均采用单层玻璃的设计方式；或者是仅在外层幕墙使用单层玻璃，而在内层幕墙的设计中采用双层中空玻璃。通过对实践经验的分析发现，当温度达到300℃时即可造成单层玻璃的破碎；而双层玻璃则能够在600℃以内保持基本完好，因此消防设计人员在条件允许时应尽量采用双层玻璃来进行内幕墙的设计。

(三) 合理设置防火隔离带

在高层建筑工程的呼吸式幕墙消防设计中，目前广泛采用了设置防火隔离带的设计方式，消防设计人员应根据高层建筑工程的设计高度以及楼层数量，按照相关消防规范要求来进行防火隔离带的设计。在消防设计实践中，消防设计人员可以按照每2层设置1条隔离带的原则来进行防火隔离带的布设，或将高层建筑工程的每3到4个楼层作为一个防火分区。当内外幕墙的夹层需要跨越防火分区时，应设置竖向防火隔断，这样可以有效避免火灾发生后火势沿垂直方向蔓延。而当建筑楼层的内外幕墙夹层处于同一防火分区内时，则无须采取其他防火处理措施。设计人员应合理确定防火隔离带的宽度，并要科学控制防火隔离带的厚度等各项设计参数，以确保其防火能力能够满足消防安全要求，从而更好地保护高层建筑工程内部人员的生命财产安全。在防火隔离带的设计中还应选择具有较好密封性能以及防火能力的材料，且防火隔离带应具备较好的承压能力，以承载气压荷载作用以及火灾荷载作用，避免室内空气出现泄漏等问题。

(四) 合理设置窗槛墙

在高层建筑工程呼吸式幕墙的消防设计中，设计人员还可以采用设置窗槛墙的方式来提高幕墙结构以及高层建筑整体的防火能力。现阶段在设计实践中，一般将

窗槛墙的高度控制在0.8m左右,且有部分地方政府已将此标准纳入高层建筑工程消防设计规范中。消防设计人员应根据高层建筑工程所在地区的方性规定以及国家和行业颁布的相关的规定要求,合理确定呼吸式幕墙的设计方案。同时,消防设计人员还应采用具有较好防火性能的材料来封堵高层建筑楼板和呼吸式幕墙内幕墙玻璃间的缝隙,以进一步阻止高温烟气以及火势经由此处向上扩散,从而提高高层建筑呼吸式幕墙的消防安全性。

(五) 利用防火挑檐提高呼吸式幕墙的消防安全性

现阶段在高层建筑工程呼吸式幕墙的消防设计中广泛采用了设置水平挑檐的方式来提高其防火性能。在传统玻璃幕墙结构的消防设计中一般采用的是设置群墙以及窗槛等方式。但通过数值模拟以及对实践经验的总结分析发现,仅采用此类方式或者将窗槛墙高度增加均难以满足呼吸式幕墙的消防安全要求,因此消防设计人员应科学应用防火挑檐的设计方案。消防设计人员可以采用模拟分析方式对是否有防火挑檐存在的不同场景下的幕墙玻璃破碎情况进行分析,且应在模拟分析过程中设置与窗槛墙或群墙方式相同的边界条件,以便对设计方案加以改进优化。经模拟分析可知,在未设置防火挑檐的条件下,在呼吸式幕墙结构的内幕墙一侧会出现高温烟气以及火焰汇聚上升的情况,且温度能够在较短时间内迅速升高,进而造成上层内侧玻璃受损破碎。而在设置了防火挑檐的情况下,由于高温烟气以及热流主要是沿外幕墙一侧上升,即使高层建筑内部的自动喷淋设施失效,其内幕墙温度也能够维持在相对低的水平,从而更好地保证了高层建筑的消防安全。因此在呼吸式幕墙的消防设计中也可以用防火挑檐来取代传统的窗槛墙结构,以提高其防火性能。在设计防火挑檐时,消防设计人员应合理确定其宽度以及厚度等各项设计参数。如在设计方案中采用了水平防火挑檐结构时,一般应将其水平设置于楼板外侧,且应加强材料的阻燃设计,以确保其防火性能能够达到消防安全规范要求。一般防火挑檐结构的耐火极限应达到1h以上。

同时,在高层建筑工程呼吸式幕墙的设计中,在外幕墙上应设置可开启的百叶,以便在火灾发生时能够通过开启百叶来提高排热排烟效果。此外,如受客观条件限制,无法采用防火挑檐的设计方案,且高层建筑对通风效果有较高的要求时,消防设计人员可以通过试验验证等方式来确定是否采用在呼吸式幕墙的内幕墙内外侧布设自动喷淋喷头的方式来对内幕墙进行冷却。消防设计人员应积极借鉴国内外高层建筑呼吸式幕墙的消防设计经验,并结合高层建筑工程的实际情况对防火挑檐的设计方案进行改进和完善。

(六) 利用自动喷淋系统提高呼吸式幕墙的消防安全性

为进一步提高高层建筑呼吸式幕墙结构的消防安全性,在消防设计中往往还需要设置自动喷淋设施,以便在火灾发生时能够及时启动消防灭火设备,以有效控制火灾范围,提高灭火效率,为高层建筑提供更加可靠的安全保障。消防设计人员在呼吸式幕墙结构的消防设计中应科学评估其火灾风险,并确保所选择的自动喷淋设施的可靠性能够满足火灾发生后不同阶段的消防安全要求。轰燃是安全风险较高的火灾阶段,消防设计人员应严格按照相关设计规范要求来确定轰燃前后的可靠性参数,并在此基础上对自动喷淋设备的性能进行准确的评估,以提高喷淋设备选择的合理性。同时,设计人员应加强对各类型自动喷淋设备质量性能的了解,并结合呼吸式幕墙结构材料性质特点等因素合理选择相应的喷淋设备,以避免呼吸式幕墙的内侧玻璃出现过早破碎的情况,从而有效阻止高温烟气和火焰侵入内外幕墙之间而形成烟囱效应,这对于在火灾初期及时控制并扑灭火灾具有重要的作用。

(七) 其他消防安全设计对策

呼吸式幕墙的消防设计应与高层建筑的消防设计保持协调统一,且消防设计人员充分考虑呼吸式幕墙发生火灾后的人员疏散撤离等问题,将呼吸式幕墙的消防设计与高层建筑的整体消防设计融为有机的整体。在呼吸式幕墙的消防设计中,设计人员应结合高层建筑的结构特点以及使用功能等因素设计科学的安全疏散方案,合理设置安全疏散通道以及引导标识,且应积极与先进的疏散救援技术设备,以提高建筑内人员疏散的效率,增强消防救援能力,全面提升高层建筑工程的消防安全性能。

三、总结

随着呼吸式幕墙在我国高层建筑工程中的逐步推广应用,应提高对其消防安全问题的重视程度。在高层建筑工程呼吸式幕墙的消防设计中,设计人员应结合呼吸式幕墙结构特点,充分了解其消防设计的重难点环节,严格遵守相关消防设计规范要求,积极借鉴国内外呼吸式幕墙消防安全设计经验,应用先进的专业软件模拟分析呼吸式幕墙在火灾发生时的主要参数,并以此为依据对消防设计方案进行优化,合理选择呼吸式幕墙材料,科学设置防火隔离带以及防火挑檐,并通过自动喷淋等消防设施的应用来全面提高呼吸式幕墙的安全性,从而更避免发生重大安全事故,更好的保证人民群众的生命财产安全。

参考文献

- [1] 谭世友. 内循环呼吸式幕墙设计浅析及工程应用[J]. 建筑·建材·装饰, 2021(7): 184-186.
- [2] 孙健儒. 双层呼吸式幕墙技术在建筑上的运用分析[J]. 现代物业, 2023(23): 61-63.
- [3] 李燕. 浅析双层呼吸式幕墙技术在建筑上的实践应用[J]. 文渊(高中版), 2019(9): 528.