

文章编号:1006-7329(1999)04-0019-05

中庭建筑烟气控制措施分析

郭盛友 严治军

(重庆建筑大学 城市建设学院 400045)

15)
1F-23

711834.12
711834.2
711834.3

摘要 介绍了中庭烟气控制的特点、控制措施及设计方法,并就常见措施—自然排烟与机械排烟作了进一步的论述。

关键词 中庭;挑台;烟气控制

建筑 公共建筑

中图分类号 TU834.3 TU834.2

文献标识码 A

在我国,中庭建筑常见于美术馆,商业建筑,办公大楼,宾馆建筑,教育建筑等公共建筑,这类建筑从消防角度看性质较重要且火灾危险性较高,疏散及扑救难度大,为确保火灾时建筑内的生命安全和烟气造成的损失,烟气控制必不可少。而由于中庭建筑自身的特点及千变万化的形式,又给烟气控制带来了异乎寻常的复杂性。这就要求中庭烟控设计者要因地制宜,对不同的建筑采取不同的防烟和排烟措施,才能取得最佳的烟气控制效果。可以这样说,在中庭建筑设计所面临的所有技术问题当中,烟气控制是最具有挑战性的。

中庭建筑的最大特点是它具有一个或多个在竖直方向上连续贯通数层的封顶的大型共享空间,由此决定了在烟气控制问题上设计者必须注意以下特点:

- 1) 火势可在连通的空间里迅速蔓延,造成火源,产烟量及发热量的扩大。
- 2) 烟气在竖直方向上扩散迅速。
- 3) 烟气流组织要因建筑具体形式而异,并考虑具体建筑的情况。

1 中庭建筑的烟控措施

可能的烟控措施有:

1.1 自然排烟

我国《高规》对中庭自然排烟仅作了中庭高度小于12m和可开启天窗或高侧窗开口面积不小于中庭面积5%的规定。实际上,影响自然排烟效果的因素除了中庭高和开口面积外,还有自然条件,建筑特性及中庭储烟器的储烟容积等。其中,储烟器容积由于《高规》没有对其作出规定而往往易被人忽略,而其大小及有无对排烟效果影响又是比较重要的;在图1中,当火灾发生时,烟气上升至中庭顶部,由于烟气发生量较大及自然排烟方式本身的局限,总有一些烟气积聚在中庭顶部排烟口周围,此时若无储烟器暂时存放烟气或者可储烟容积太小,烟气将立即向周围房间弥漫,即使周围房间与中庭有用玻璃墙隔开,高温烟气将聚集于中庭上方玻璃幕墙周围,也同样有可能引发新的火灾或造成其他危害,最终将大大降低烟气控制效果。

储烟器容计算涉及关于储烟器有效高度 H 的定义,若定义储烟器有效高度 H 为中庭顶部排烟口中心线至周围建筑顶层顶棚的垂直距离,则储烟器容积 V 可按下式计算:

$$V = A \times H \times F \times M \quad (1)$$

式中, A ——中庭顶部平均面积(m^2),一般 A 不应小于 $93 m^2$;

收稿日期:1999-03-29

作者简介:郭盛友(1975-),男,福建三明市人,硕士研究生,主要从事通风与防排烟方面的研究。

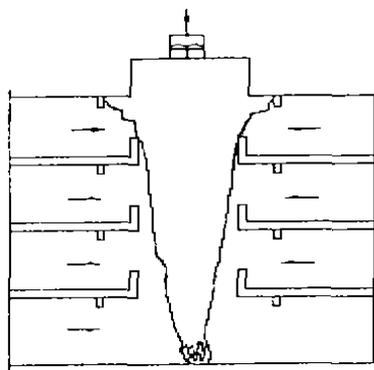


图 1 有储烟器情况

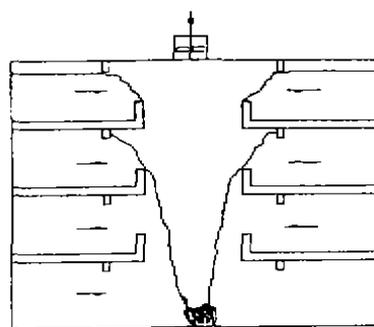


图 2 无储烟器情况

F ——储烟器形状系数,对于沿竖直方向形状变化较小的储烟器可取值为 1;

M ——安全系数,可依建筑火灾危险等级而定, $M > = 1$;

H ——储烟器有效高度,建议不小于 1.7 m;

虽然储烟器对于改善烟气控制影响较大, 实践上总是会受某些因素制约而没有达到应有的容积, 这时烟控设计者就必须加大排烟量, 对自然排烟方式而言就必须加大排烟口面积, 在排烟口面积与储烟容积之间取得平衡。

在自然排烟上, 我国《高规》尚未对自然排烟口开启方式作出规定。国内外许多火灾实例早已说明, 建筑物内的烟气控制系统, 必须在任何时候都可以实现顺利启动, 对于自然排烟而言, 设置一定数量的自动排烟口显得很有必要。自动排烟口由于能及时排烟, 在同等情况下, 其排烟口面积可比手动排烟口略小些, 但要注意平时的防锈维护。有些国家的防火规范就规定自动排烟口的面积必须至少有一半是自动操作。此外, 为了保证在火情发生时排烟口能自动开启, 排烟口必须与设在中庭顶部的感烟探测器及自动喷水装置、报警系统联动。

1.2 中庭顶部机械排烟

《高规》对这种方式的规定是, 8.4.1: 一类高层建筑和建筑高超过 32 m 的二类高层不具备自然排烟条件或净空高度超过 12 m 的中庭应设置机械排烟措施, 当中庭体积小于 17 000 m³ 时排烟量为 6 次/h, 大于 17 000 m³ 时按 4 次/h 计算, 但是最小排烟量不应小于 102 000 m³。

在实际设计中, 在排烟量方面设计者所应考虑的非仅仅是中庭容积这么简单的问题:

首先, 在中庭发生火灾与在中庭周围建筑(挑台)里发生火灾就应区别对待。对第一种情况即在中庭发生火灾, 产烟量分析如下:

$$M = 0.21 \{ \rho^2 g / (C_p \cdot T_a) \}^{\frac{1}{2}} \cdot Q_c^{\frac{1}{2}} \cdot (Z - Z_0)^{\frac{5}{4}} \quad (2)$$

其中, M ——产烟量(kg · S⁻¹);

ρ ——周围空气密度(kg/m³);

C_p ——空气比热(KJ/kg · k);

T_a ——周围空气温度(K);

Q_c ——燃烧对流放热(KW);

Z ——烟层高度(m), 见图 2;

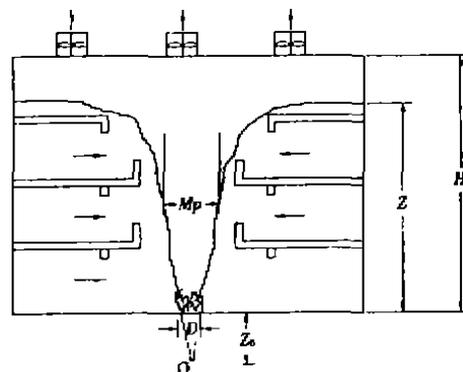


图 3 中庭火灾产烟量

Z_0 ——火焰虚原点至火焰底层的高差 (m), $Z_0 = 0.083 \cdot Qc^{\frac{1}{3}} - 1.02 \cdot D$, 其中 D 为火焰有效直径 (m)。

对第二种情况即在中庭周围建筑发生火灾, 产烟量分析如下:

$$M_p = 0.41(Q \cdot W^2)^{\frac{1}{3}} \cdot (Z_0 + 0.3 \cdot y) \{1 + 0.063(Z_0 + 0.6y)/W\}^{\frac{1}{3}}$$

Z_0 ——挑台以上烟层的高度 (m), 见图 3;

y ——挑台至火焰的垂直高度 (m);

W ——烟火流液过挑台时的宽度 (m);

Q ——火源总放热量 (kw);

笔者按此公式计算得下表:

表 1 中庭产烟量表

中庭高度 (m)	火源发热量 MW		
	1.0	1.5	3.0
10	96 000	110 000	139 000
20	306 000	350 000	441 000
32	601 000	767 000	966 000

注: 公式中, T_a 取 293 K, C_p 取 1.01 KJ/kg.k, ρ 取 1.20 kg/m³, 产烟量单位为 m³/h。

表 2 中庭产烟量表

Z_b (m)	火源发热量 MW		
	1.0	1.5	3.0
3	129 000	148 000	187 000
13	489 000	560 000	705 000
25	920 000	1 054 000	1 328 000

注: 公式中, y 取 2 m, 建筑条件以表 1 同, 产烟量单位为 m³/h。

可见, 影响中庭产烟量的主要因素是中庭高度及火源发热量, 其中产烟量按中庭高度的 5/3 次方发展。由表 1 中可见, 在中庭高度为十米左右, 火源发热量为 1.0 至 3.0 MW 时, 若假设中庭容积为 17 000 m³, 此时要全部排净所有烟气所需的排烟量为 5 至 8 次换气次数, 《高规》所规定的排烟量勉强可以满足, 而当中庭高度增加到 20 m 时, 排烟量将增加到 18 至 25 次, 此时若要排净烟气将不太可能实现, 在实际工程上, 为保证烟气控制效果, 还必须采取其他有效的防烟措施和进行适当的气流组织。而由表 2 可见, 对于挑台上的火灾若采用中庭排烟将造成排烟量的剧增, 其排烟量甚至有可能大于中庭火灾情况, 因此对于挑台上的火灾不适合采用通过中庭的排烟方式。

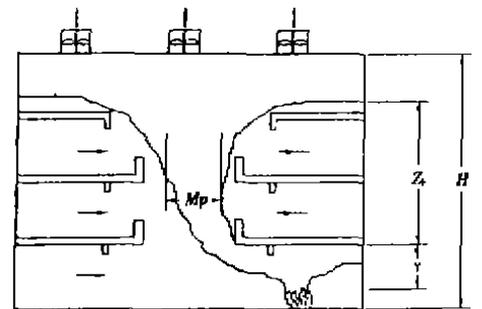


图 4 挑台火灾烟量

其次, 中庭形状对烟气的发展也有一定的影响, 对于面积小而高的中庭, 有可能在烟气向上发展的过程中, 受冷温度降低, 造成上升受滞, 形成一个不动层。它的高度与火源的发热量有关, 一个 3 m 见方 5 兆瓦的火源, 不动层的高度大约在它的上方 20 m 处。在没有采取有效措施的情况下, 烟气将弥漫于滞层下的空间, 从而影响疏散。在这种情况下也必须注意机械排烟与防烟的气流组织。

在进行中庭烟气控制设计时, 中庭容积也是一个不可忽略的因素。虽然烟气在上升的过程中, 进行自由扩散造成烟气量的急剧上升, 但与此同时, 烟气浓度也在减少, 对人的危害将有所减弱, 在一定范围内, 中庭容积越大, 其对冷却火焰, 稀释烟雾和拯救生命的作用也越大。

1.3 挑台下的加压送风

中庭周围建筑加压送风对于合理组织烟流具有很重要的作用。但是这会要求很大的风量。为减少造价, 可考虑局部排放如回廊送风。对于设有通风空调的建筑, 可充分利用空调送风。在挑台发生火灾时, 在火灾区停止空调送风, 其他地方依旧送风。

1.4 疏散通道加压送风

这种防烟方式有: 中庭地面送风, 即在中庭下部设送风口, 其作用在于对地面起防烟作用; 疏散

走廊加压送风;其他疏散通道加压送风等。

1.5 建筑上的措施

由于产烟量受高度影响极大,因此可在建筑上对高中庭进行竖向分区,这种方法可明显降低排烟量,并取得较好的烟气控制效果。此外,在中庭顶部应设储烟器。对于开敞中庭和半屏蔽中庭,可采用在顶部数层设防火卷帘来扩大储烟器容积;可在楼板靠中庭的位置设环状挡烟垂直壁;可把中庭形状设计成倒锥形中庭。

对中庭建筑来说,要达到好的烟控效果,仅仅从通风防排烟设计者的角度来进行往往是不够的。他需要多工种配合,尤其是与建筑上的配合。防排烟设计者仍要在诸多方面从有利于优化烟控的角度出发与建筑设计者进行商讨。

2 烟气控制方案设计

烟气控制的首要目标是为人员疏散赢得足够的时间和创造良好的条件,其次才是减少烟气所造成的损失,因此烟气控制设计首先要对中庭的疏散通道进行防排烟保护,同时结合具体的建筑布置及特征,采用最合理的方案。

1) 对于屏蔽中庭,即中庭与周围建筑之间具有玻璃间隔的空间,详见下表:

表 3 屏蔽中庭烟气控制设计方案表

方案	烟 控 措 施			
	中庭烟气控制措施	挑台烟气控制措施	疏散通道烟气控制措施	建筑上的烟气控制措施
方案一	机械排烟系统	自然排烟	防排烟保护:中庭地面送风;疏散走廊加压送风或排烟;消防电梯及前室加压送风等。	竖向分区;环状挡烟垂壁;设储烟器等。
方案二	机械排烟系统	机械排烟系统		
方案三	机械排烟系统	火灾层自然排烟;其他层加压送风,或利用空调系统送风		
方案四	机械排烟系统	机械排烟系统;加压送风,或利用空调系统送风		
方案五	机械排烟系统	机械排烟系统;设排烟口开向中庭		
方案六	自然排烟系统	机械排烟系统		
方案七	自然排烟系统	自然排烟系统		
方案八	其他方案组和			

表中方案三、四挑台加压送风系指周围建筑发生火灾时,火灾层停止送风,而在非火灾层进行送风,对于方案四,还可同时开启火灾层机械排烟系统进行排烟,保证在特定区域的一定正压,见图 5。

方案五设排烟口开向中庭,周围建筑发生火灾时,开启火灾层排烟系统,将烟气排向中庭,再由中庭排烟系统将烟气排出,方案五将烟气排入中庭,可能引起烟气的扩散,但在烟气量不大且中庭排烟能力足以排除扩散后的烟量的情况下,排入中庭的烟气危害将是极为有限,该方案适合于某些场合下无法布置防排烟风管的情况,更适用于作为局部排烟方案,如用于中庭周围建筑顶部数层的烟气控制方案。

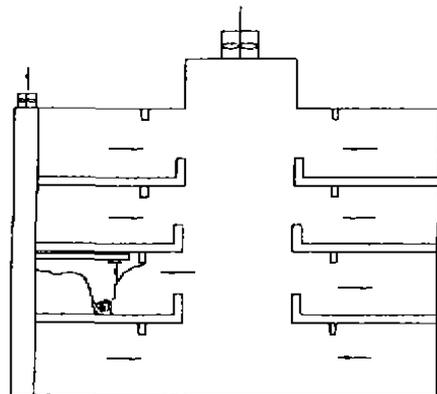


图 5 方案四

方案六可节省一套中庭机械排烟系统,缺点在于不能排除中庭着火时产生的烟气及中庭四周各层房间着火时蔓延到中庭的烟气,并与《高规》相悖,因此在国内很少采用,实际上,当中庭不具有火源且中庭四周采取了确实可行的烟控措施后,该方案理应可行。

2) 对于开敞中庭,即中庭与周围建筑之间无间隔的空间,以及半屏蔽中庭,即中庭与周围建筑的走廊相通,走廊与周围房间之间采用墙或玻璃间隔的空间,上述方案理论上均可采用,但考虑到中庭火灾时巨大的产烟量,在中庭周围建筑没有有效防烟措施情况下,烟气很可能渗入,因此除方案四外均应慎用;但对于中庭火源极小甚至不存在中庭发生火灾可能的情况,则可放宽适用范围,此时若采用方案四,则有可能造成浪费,可根据实际情况采用其余方案。

3 结 论

中庭烟控效果的好坏与烟控方案的选择息息相关,一个合理的方案应根据挑台及中庭的具体形式、功用、火灾危险度、可燃物的布置、建筑通风空调系统的布置以及造价等因素来确定。

参 考 文 献

- [1] 高层民用建筑防火设计规范(GB50045-95)[S]
- [2] Chow wk. Field tests on atrium smoke control systems[C]. ASHRAE Trans. 1995
- [3] 殷平. 中庭防烟排烟设计方法[J]. 暖通空调, 1996. 5
- [4] Richard Saxon, Atrium buildings development and design[M]. The Architectural Press London, 1983, 1986
- [5] Gary D. Loughheed, Ph. d. Investigation of Atrium Smoke Exhaust Effectiveness[C]. ASHARE Transactions, 1997
- [6] Ida Bryn, Ph. d. Atrium Buildings from the Perspective of Function, Indoor Air Quality, and energy use[C]. ASHARE tran95
- [7] Frederic B. Clarks, Ph. d. Physiological Effects of Smoke: Managing Escape[C]. ASHAREtrans. 1997.

Smoke Control Method in Atrium Building

GUO Shen-you, YIAN Zhi-jun

(Faculty of Urban Construction Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045)

Abstract This paper presents several regular smoke control methods in atrium buildings and analyses the factors that determine the smoke production rate of fire in atrium and balcony. As a result, eight designs of smoke control system are developed.

Key Words atrium; balcony; smoke control method