

文章编号: 1671-6612 (2022) 01-155-07

加压送风系统旁通泄压的设置方法探讨

钟学阳

(成都基准方中建筑设计有限公司 成都 610011)

【摘要】 结合实际工程案例,分析加压送风区域的压力情况,探讨加压送风系统中旁通泄压的设置方法,并总结出保证加压送风区域防止超过最大允许压差的有效措施。

【关键词】 防排烟; 加压送风; 压力控制; 旁通管; 泄压

中图分类号 TU834.3 文献标识码 A

Discussion on Setting Method of Pressure Relief in Positive Pressure Air Supply System

Zhong Xueyang

(Chengdu JZfz Architectural Co., Ltd, Chengdu, 610011)

【Abstract】 According to the actual engineering case, the pressure situation of pressurized air supply area is analyzed, the setting method of bypass pressure relief in positive pressure air supply system is discussed, and the effective measures to ensure that the pressurized air supply area prevents the maximum allowable pressure difference from being exceeded are summarized.

【Keywords】 Smoke management system; Positive pressure air supply system; Pressure control; Bypass duct; Pressure relief

作者(通讯作者)简介: 钟学阳(1985.1-),男,本科,高级工程师, E-mail: 13751583@qq.com
收稿日期: 2021-08-06

0 引言

加压送风系统是在火灾时确保疏散路线畅通不可或缺的重要措施。通过向防烟楼梯间、合用前室等区域送入空气,使这些区域内部的压力大于非防烟区域,从而防止烟气侵入,保障人员在火灾时能安全疏散。加压送风系统是否安全可靠,不仅有风量要求,还需要有合理的压力控制措施,以免压力过大导致疏散门开启困难或者无法开启,影响人员疏散。

工程中常用的加压送风防止超压的措施有两种:一种是在防烟区域和非防烟区域隔墙上设置带防火功能的余压阀,当防烟区域室内压力超过设定值,余压阀自动开启泄压。另一种是在加压送风管上设置带电动风阀的旁通管,并将电动风阀与防烟区域设置压力(差)传感器信号联动控制,当防烟区域压力超过设定值,开启电动风阀泄压。民用建筑中,由于建筑装修效果有一定要求,采用余压阀的情况较少,多数加压送风系统采用旁通泄压的方

式。

在设计加压送风系统时,旁通泄压管的尺寸按多大设计才能确保系统有效达到防超压的目的?相关规范、标准、文献中均只提到了旁通泄压的设置方式和控制原理,但对泄压管尺寸如何选取却没有指导性原则。为此,笔者将加压送风旁通泄压设置方法进行了分析与总结。

1 加压送风系统旁通泄压控制逻辑

工程中常用的加压送风系统控制逻辑如图1所示。

当检测到火灾信号,加压送风机、加压风口开启,维持设计工况下防烟区域的正压,当内室压力探头检测到压力超过设定值,联动开启旁通管上的泄压阀,减少送入风量,当室内压力低于设定下限后关闭泄压旁通阀,提升室内压力。在此控制逻辑下,为保证防烟区域的压力不超过最大允许压力,泄压阀全开时,应能在任何工况下均能排出足够多

的风量，使送入风量不超过需求量。这就要求旁通管尺寸设置合理。

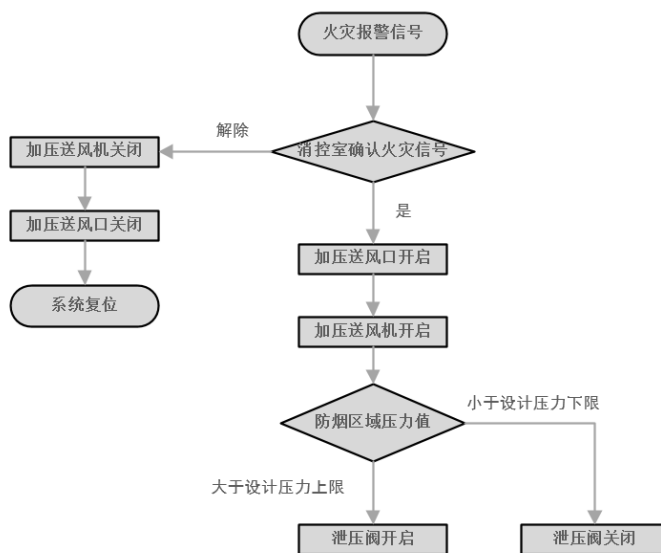


图 1 加压送风系统控制原理图

Fig.1 Control principle diagram of positive pressure air supply system

2 旁通泄压设计

以实际工程为例，分析旁通泄压的设计流程。某高层建筑，建筑高度 53.55m，地上 17 层，地下

室 1 层，防烟楼梯间及合用前室分别设置加压送风系统，加压送风系统设置情况如图 2 所示。

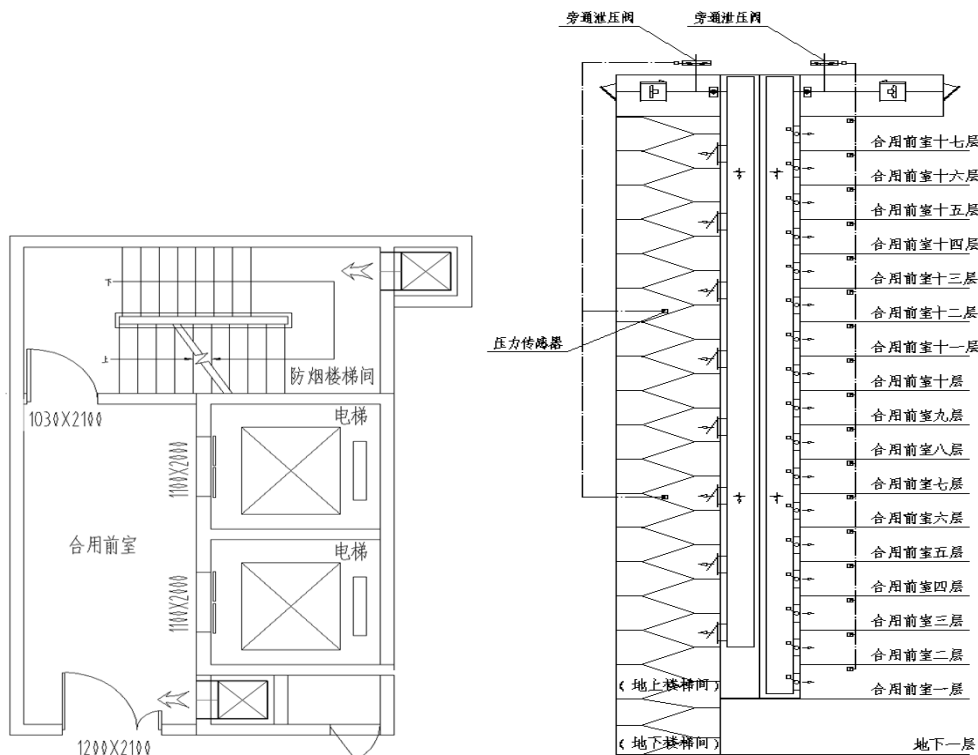


图 2 加压送风系统设置示意

Fig.2 Setting of positive pressure air supply system

2.1 加压送风系统风量计算

加压送风系统风量计算结果如表 1 所示。

表 1 加压送风系统风量计算结果

Table 1 Calculation results of air volume of pressurized air supply system

查表法	服务区域	送风方式	系统负担		疏散门宽度 (m)	疏散门高度 (m)	门个数	表格风量 (m ³ /h)	单双门修正系数	查表法计算风量 (m ³ /h)		
			楼层数	担高度 h (m)								
	防烟楼梯间	楼梯间前室分别送	17	53.55	1.03	2.10	1	27879	0.75	21084		
	合用前室	楼梯间前室分别送	17	53.55	1.20	2.10	1	26038	1	26149		
公式法	服务区域	门缝宽度 (m)	N ₁ N ₂ N ₃			A _k (m ²)	V (m/s)	Δp (Pa)	L ₁ (m ³ /s)	L ₂ (m ³ /s)	L ₃ (m ³ /s)	公式法计算风量 (m ³ /h)
			N ₁	N ₂	N ₃							
		防烟楼梯间	0.004	3	14	0	2.163	0.7	6	4.54	0.89	—
	合用前室	0.004	3	—	14	2.52	0.7	—	5.29	—	0.57	21094

注：N₁为设计疏散门开启的楼层数；N₂为漏风疏散门的数量；N₃为漏风阀门的数量；A_k为1层内开启门的截面面积；L₁为门开启时，达到规定风速值所需的送风量；L₂为门开启时，规定风速值下，其他门缝漏风总量；L₃为未开启的常闭送风阀的漏风总量；Δp为计算漏风量的平均压力差。

如表 1 所示，按《建筑防烟排烟技术标准》GB 51251-2017（以下简称《标准》）中规定的查表法和公式法分别确定计算加压送风量，取大值，防烟楼梯间加压送风计算风量为 21084m³/h，合用前室加压送风计算风量为 26149m³/h。

2.2 防超压计算

《标准》中规定了加压送风系统计算风量的设计工况，设计工况下防烟区域的疏散门为开启状态，开启个数根据建筑高度和区域确定。当疏散门为关闭状态时（以下称为闭门工况），送入风量无法从门洞泄出，防烟区域压力升高，当压力超过疏散门两侧允许的最大压差 Δp_{max}，风压在疏散门处形成的力矩将大于人的平均推力 110N，此时疏散门难以打开，影响人员的安全疏散。加压送风系统防超压措施的控制目标即是使室内压力不超过 Δp_{max} 且不低于设计压力的下限值。

$$\Delta p_{\max} = 2(F - F_{dc})(W_m - d_m) / (W_m - A_m) \quad (1)$$

$$F_{dc} = M / (W_m - d_m) \quad (2)$$

式 (1)、(2) 中：F 为门的总推力，人的平均推力取 110N；F_{dc} 为门把手处克服闭门器所需的力，N；W_m 为单扇门的宽度，m；d_m 为门的把手到门闩的距离，m；A_m 为门的面积，m²；M 为闭门器的开启力矩，N·m。

防火门闭门器规格参考《标准》第 3.4.9 条条文解释表 1 选取。该项目尺寸为 1.03m×2.2m 的单扇门配备的闭门器的开门力矩按 45N·m，尺寸为 1.2m×2.2m 的子母门配备的闭门器的开门力矩按 45N·m。

经计算前室：F_{dc} = 53.57N，Δp_{max} = 51.25Pa

楼梯间：F_{dc} = 46.4N，Δp_{max} = 52.8Pa

该项目前室最大允许压力为 51.25Pa，楼梯间最大允许压力为 52.8Pa。

2.3 闭门工况最大允许送风量计算

防烟区域的压力受疏散门启闭状态影响，不同状态的旁通泄压风量也不同。旁通管径按最大旁通风量选取，以保证任何工况下均不会出现超压的情

况。闭门工况下最大允许送入风量计算如下。

(1) 楼梯间、合用前室通过疏散门缝、电梯门缝泄出风量 L_y 计算:

$$L_y = 0.827 \times A \times \Delta p^{1/2} \times 3600 \times 1.25 \quad (3)$$

式中, A 为门缝隙的计算漏风总有效面积, m^2 , 门缝宽度取 $0.004m$; Δp 为防烟区域与走道之间门两侧的压差值, 楼梯间取 $52.8Pa$, 合用前室取 $51.25Pa$; b 为指数, 取 2 ; 0.827 为计算常数; 1.25 为不严密附加系数。

经计算, 楼梯间疏散门缝泄出风量 $L_{y1} = 11511m^3/h$ 。

合用前室疏散门及电梯门泄出风量 $L_{y2} = 8216m^3/h$ 。

(2) 泄压阀开启时, 未开启的常闭送风口的漏风量计算

$$L_3 = 0.083 \times A_f \times N_3 \quad (4)$$

式中, 0.083 为阀门单位面积的漏风量; A_f 为单个送风阀门的面积。

经计算, $L_3 = 2052m^3/h$ 。

(3) 最大允许送入风量:

楼梯间最大允许送入风量为 $L_{y1} = 11511m^3/h$,

合用前室为 $L_{y1} + L_3 = 10268m^3/h$ 。

2.4 旁通泄压管径计算

以该项目合用前室加压送风系统为例, 设计管道尺寸及管长如图 3 所示。

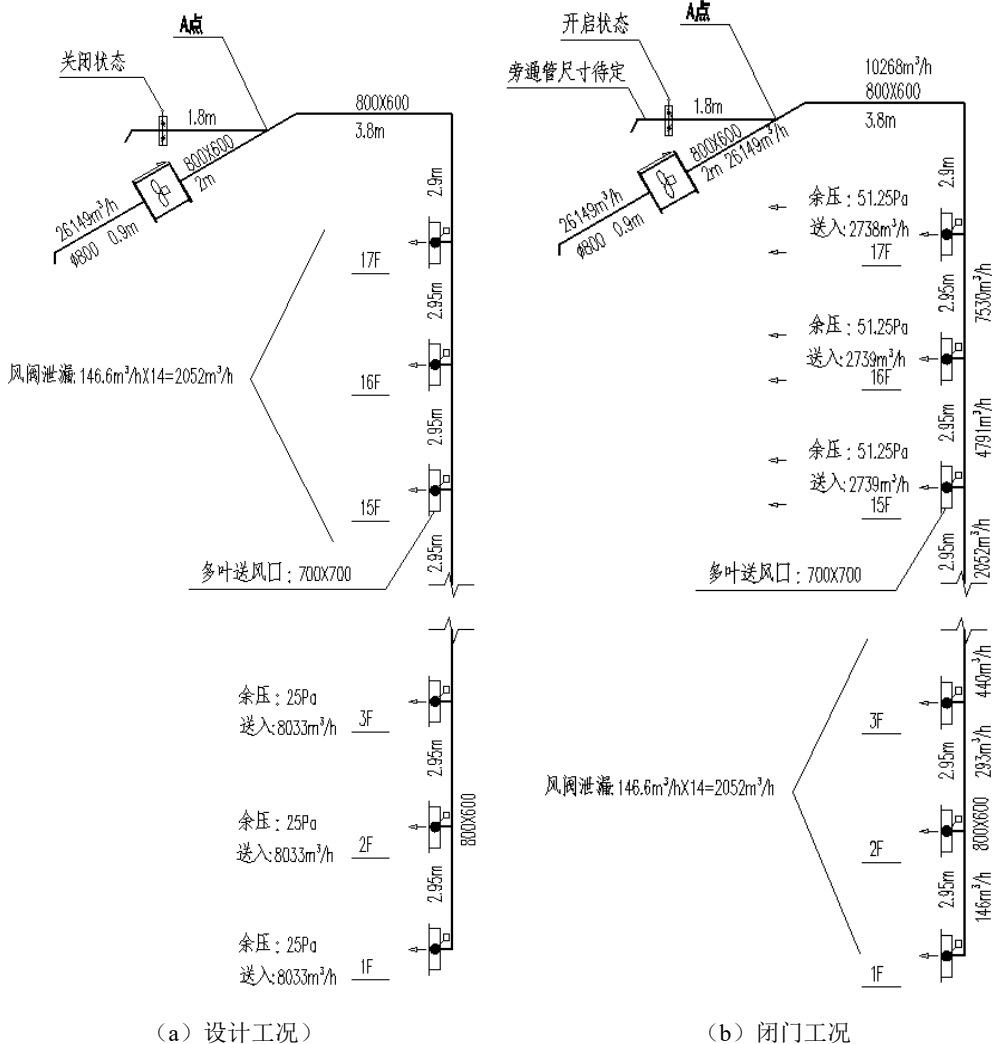


图 3 加压送风管道示意

Fig.3 Air duct setting of positive pressure air supply system

2.4.1 管道阻力计算

表 2 所示。

设计工况加压送风系统风管水力计算结果如

表 2 设计工况加压送风系统风管水力计算

Table 2 Hydraulic calculation of air duct in positive pressure air supply system under design condition

	风量 (m ³ /h)	管宽 /mm	管高 /mm	管长 /m	<i>N</i> (m/s)	<i>R</i> (Pa/m)	Δp_y /Pa	ζ	动压 /Pa	Δp_j /Pa	$\Delta p_y + \Delta p_j$ /Pa
取风口至 风机	26149	D800	D800	1.5	14.5	1.9	1.7	0.98	125.1	122.6	125.5
风机出口 至 17 层	26149	800	600	8.7	15.1	2.5	22.1	1.52	137.1	208.5	230.5
17~16 层	26003	800	600	2.95	15.0	2.5	7.4	0.03	135.6	4.1	11.5
16~15 层	25856	800	600	2.95	15.0	2.5	7.3	0.03	134.1	4.0	11.4
15~14 层	25710	800	600	2.95	14.9	2.5	7.3	0.03	132.6	4.0	11.2
14~13 层	26563	800	600	2.95	15.4	2.6	7.7	0.03	141.5	4.2	11.9
13~12 层	25417	800	600	2.95	14.7	2.4	7.1	0.03	129.6	3.9	11.0
12~11 层	25270	800	600	2.95	14.6	2.4	7.0	0.03	128.1	3.8	10.9
11~10 层	25124	800	600	2.95	14.5	2.4	7.0	0.03	126.6	3.8	10.7
10~9 层	24977	800	600	2.95	14.5	2.3	6.9	0.03	125.1	3.8	10.6
9~8 层	24831	800	600	2.95	14.4	2.3	6.8	0.03	123.7	3.7	10.5
8~7 层	24684	800	600	2.95	14.3	2.3	6.7	0.03	122.2	3.7	10.4
7~6 层	24538	800	600	2.95	14.2	2.3	6.7	0.03	120.8	3.6	10.3
6~5 层	24391	800	600	2.95	14.1	2.2	6.6	0.03	119.3	3.6	10.2
5~4 层	24245	800	600	2.95	14.0	2.2	6.5	0.03	117.9	3.5	10.0
4~3 层	24099	800	600	2.95	13.9	2.2	6.4	0.17	116.5	19.8	26.2
3~2 层	16066	800	600	2.95	9.3	1.0	3.1	0.4	51.8	20.7	23.8
2~1 层	8033	800	600	2.95	4.6	0.3	0.9	1.23	12.9	15.9	16.8
1 层多叶送 风口	8033	700	700	0	4.6	0.3	0.0	2.17	12.4	27.0	27.0
前室余压											25.0
总计											615.4

注：各管件局部阻力系数根据《实用供热空调设计手册》取值，表中 Δp_y 为沿程阻力， Δp_j 为局部阻力。

2.4.2 泄压风量的确定

从水力计算结果可知，设计工况下系统风量为 26149m³/h，管道总阻力为 615.4Pa。按《标准》的规定，考虑管道漏风和风机本身风量偏差的因素，加压风机的风量不应小于设计风量的 1.2 倍，即风

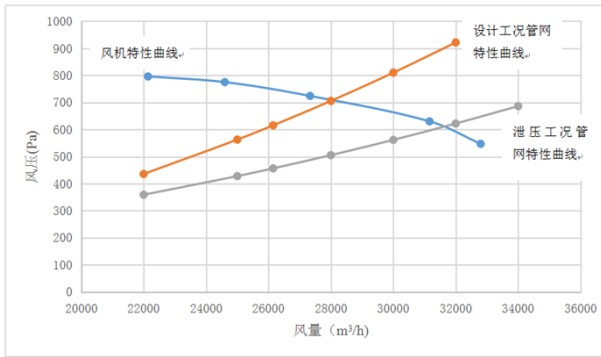
机工作点风量不低于 31376m³/h，选用 1 台 SZF-F-8 型轴流风机作为前室的加压送风机，风机额定参数以及扣除管道漏风附加的参数如表 3 所示。

表 3 风机性能参数

Table 3 Performance parameters of the fan

型号	转速/(r/min)	额定风量/(m ³ /h)	扣除漏风附加的风量/(m ³ /h)	全压/Pa	功率/kW
SZF-F-8	1450	39360	32800	547	11
		37392	31160	630	

32800	27333	724
32800	27333	724
29520	24600	775
26568	22140	796



风机 工作点	运行工况	风量(m³/h)	全压(Pa)
	设计工况	28000	705
	泄压工况	31700	620

图 4 风机及管网特性曲线

Fig.4 Characteristic curve of fan and air duct network

根据扣除漏风附加后实际送入管网的流量及风机全压绘制出风机特性曲线,计算出不同风量下

的管道阻力,绘制出设计工况和旁通阀开启时(以下称泄压工况)的管网特性曲线,可得到管网中风机的工作点,如图 4 所示。由图 4 可知,当泄压阀开启后,管网阻抗降低,特性曲线变得更为平缓,风机实际风量将会超过设计风量,此时风机工作点风量变为 31700m³/h,允许送入前室的最大风量不变,为 10268m³/h,故需泄出风量为 21432m³/h。

2.4.3 管道阻力分析

旁通管和 A 点至合用前室(以下简称送入段)为并联关系,因并联管路的阻力相等,计算出送入段管道阻力,便可以确定旁通管在设计风量下的尺寸。合用前室加压送风系统多叶风口为常闭状态,风口开启位置的不同导致管道阻力不同,顶层着火时管道阻力最小,底层着火时管道阻力最大。当送入段风管的阻力最小时,旁通管需要的管道尺寸最大。故按顶层着火的情况计算出管道阻力,计算结果如表 4 所示。

表 4 泄压工况加压送风系统风管水力计算

Table 4 Hydraulic calculation of air duct in positive pressure air supply system under pressure relief condition

	风量 /(m³/h)	管宽 /mm	管高 /mm	管长 /m	N /(m/s)	R /(Pa/m)	Δp_y /Pa	ζ	动压 /Pa	P_j /Pa	$\Delta p_y + \Delta p_j$ /Pa
A 点至 17 层	10268	800	600	6.7	5.9	0.5	3.1	2.77	21.1	58.6	61.7
17~16 层	7530	800	600	2.95	4.4	0.3	0.8	0.17	11.4	1.9	2.7
16~15 层	4791	800	600	2.95	2.8	0.1	0.3	0.4	4.6	1.8	2.2
15 层多叶送风口	2739	700	700	0	1.6	0.0	0.0	2.17	1.4	3.1	3.1
前室压力											51.3
送入段总计											120.9

2.4.4 泄压旁通管径计算

旁通管接管示意如图 5 所示。

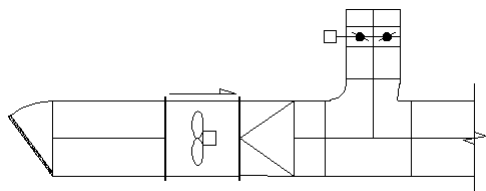


图 5 旁通管接管示意

Fig.5 Schematic diagram of the bypass duct

采用试算的方式,计算管道阻力,并选取旁通尺寸,计算结果如表 5 所示。

本文所列举的加压送风系统案例仅为特定工况、特定接管方式下的一种情况,虽不能涵盖所有工况,但旁通管管径的计算原则大同小异,通过前文的计算可知,旁通管尺寸受管道阻抗以及系统风量影响,送入段阻抗越小,旁通管的尺寸将会越大,风机选型放大系数越大,旁通管的尺寸越大。

表 5 接管形式 1 水力计算

Table 5 Hydraulic calculation of form 1

	风量 (m^3/h)	管宽 (mm)	管高 (mm)	管长 (m)	N (m/s)	R (Pa/m)	Δp_y (Pa)	ζ	动压 (Pa)	Δp_j (Pa)	$\Delta p_y + \Delta p_j$ (Pa)
旁通管	21432	800	800	1.8	9.3	0.99	1.79	2.42	51.8	125.4	127.2

如表5所示,当旁通管尺寸为800mm×800mm时,阻力为127.2Pa,与送入段的阻力120.9Pa的不平衡率小于15%,阻力平衡,可视为泄出风量满足设计要求。

3 结论

防烟区域超压问题在实际工程中并不凸显,并不是因为加压送风系统超压现象只在特殊情况下才会发生,主要原因是防烟区域的密闭性在实际工程中通常无法保障。从理论计算可以看出,当防烟区域密闭性可以保障时,加压送风系统超压的情况并非特殊情况,而是必然存在的,加压送风系统的泄压措施重要性不言而喻。

旁通管的尺寸受到防烟区域建筑布局、加压送风管道设置情况、风机选型等因素的影响。当条件设置不同时,所需要的旁通泄压管的尺寸则会不同,在现有控制逻辑下,不通过计算而直接按主管尺寸的一定比例或者同主管尺寸来确定旁通管尺寸的方法是不合理的,无法确保旁通管能满足泄压要求。

确定旁通管尺寸的计算步骤总结如下:

(a) 计算设计工况下的加压送风量; (b) 确定设计工况下的风管布置及尺寸; (c) 计算设计工况下最不利环路的管道阻力; (d) 确定风机型号; (e) 计算防烟区域最大允许压力; (f) 计算闭门工况最大允许送风量; (g) 计算闭门工况送入段管道阻力; (h) 计算闭门工况下不同风量下的阻力绘制管网特性曲线; (i) 根据风机参数绘制风机特性曲线; (j) 确定泄压阀开启时的风机工作点; (k) 确定送入管网的实际风量计算出泄压风量; (l) 采用试算法计算出使旁通管与送入段阻力平衡的管道尺寸。

旁通管尺寸的计算步骤过于繁琐,在工程设计中如每个系统都通过计算确定,将耗费太多时间和精力。国家标准图集20K607(P28~30)《防排烟及暖通防火设计审查与安装》中提出了旁通泄压和余压阀泄压之外的另一种压力控制措施,在取风主

管上设置电动调节阀与压力探头联动,通过阀门来调节送入风量,从而实现了对防烟区域压力的控制。此种控制逻辑简单明了,从理论上来说可以达到与旁通泄压及余压阀同样的压力控制效果,且不会有繁琐的计算过程。但此种方式也有不足之处,因电动风阀的故障率相对较高,在主管设置电动风阀,导致系统的可靠性降低,当电动风阀出现故障时,将不能保证设计工况下的加压送风量,有一定的安全隐患。笔者认为,虽然此方式目前还未在工程设计中大量使用,实际效果还有待工程实例的检验,但随着技术的进步,电动风阀的可靠性进一步提升,可以预想此种方案将成为一种较理想的压力控制措施。

参考文献:

- [1] GB 51251-2017, 建筑防烟排烟系统技术标准[S]. 北京: 中国计划出版社,2017.
- [2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册(2版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,2008.
- [3] 付祥钊. 流体输配管网(3版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,2010.
- [4] 王绍红. 高层建筑压力传感器控制加压送风系统的方法[J]. 建筑电气,2019,(4):37-41.
- [5] 房秩韵. 机械加压送风系统超压控制措施分析[J]. 建筑热能通风空调,2016,(5):68-71.
- [6] 20K607, 防排烟机暖通防火设计审查与安装[S]. 北京: 中国计划出版社,2021.
- [7] 15K606, 建筑防烟排烟系统技术标准: 图示[S]. 北京: 中国计划出版社,2018.
- [8] 孙于萍, 赵国敏. 高层建筑压力传感器控制加压送风系统的方法[J]. 建筑防火设计,2019(4):492-494.
- [9] 刘朝贤. 对《建筑防烟排烟系统技术标准》、规范等有关问题的分析[J]. 制冷与空调,2018.32(5):483-493.