

议机械加压送风系统压差的合理控制

火灾发生时，机械加压送风系统能够及时开启，并控制合理的压差值，可防止烟气侵入作为疏散通道的走廊、楼梯间及其前室，以确保有一个安全可靠、畅通无阻的疏散通道和环境，为安全疏散提供足够的时间。

刘会彬/北京市建筑设计研究院有限公司



刘会彬/高级工程师

近期，机电同事处理了多个防烟系统的设置问题，尤其是正压送风机出口处旁通泄压阀如何控制的问题。笔者认为有必要对机械加压送风系统的压差控制进行梳理。

中华人民共和国住房和城乡建设部第1741号公告批准，自2018年8月1日起实施的《建筑防烟排烟系统技术规范》为国家标准GB 51251—2017，其中对防烟系统是这么定义的，防烟系统即采用机械加压送风或自然通风的方式，防止烟气进入楼梯间、前室和避难层（间）等空间的系统，分为机械加压送风系统或自然通风系统，由送风机、送风口及送风管道等机械加压送风设施或可开启外窗等自然通风设施组成。

从防烟系统的定义可以得出三个结论。

1) 防烟系统分为两种实现方式，相应地分别为机械加压送风系统和自然通风系统。

2) 防烟系统设置的目的是发生火灾时，防止烟气侵入到疏散通道或疏散安全区内。

3) 防烟系统是由哪些通风设施组成的。

防烟系统定义了防烟楼梯间、避难

层、防烟楼梯间前室、消防电梯间前室和合用前室等疏散区域或安全区域是防烟系统的保护区域，同样作为疏散通道的走道和非着火区作为安全环境的房间为何不包含在内？

在GB 50045—95《高层民用建筑设计防火规范》是这么解释的：从烟气控制的理论分析，对于一栋建筑，当某一位发生火灾时，应迅速采取有效的防、排烟措施，对火灾区域实行排烟控制，将火灾发生的烟气和热量能迅速排除，以利人员的疏散和消防扑救，故该部位的空气压力值为相对负压。对非火灾部位及疏散通道等区域迅速采取机械加压送风的防烟措施，使该部位空气压力值为相对正压，以阻止烟气的侵入，控制火势蔓延。如：美国西雅图的防、排烟方式，采用了计算机安全控制系统，当其收到烟（或热）感应发出信号时，利用空调系统进入火警状态，火灾区域的风机立即自动停止运行，空调系统转而进入排烟。同时非火灾区域的空调系统继续送风，并停止回风与排风，使非火灾区域相对着火区域形成正压状态阻止烟气侵入，这种防排烟系统对减少火灾的损失是很有保证的。但这种系统的控制和运行，需要有先进的技术管理水平。根据我国国情，并征集了国内有关专家及工程技术人员意见，国内只对不具备自然排烟条件的垂直疏散通道（防烟楼梯间及其前室，消防电梯间前室或合用前室）和封闭式避难层采用机械加压送风的防烟措施。

自然通风是指利用建筑物内外空气的

关键词/Keywords

防烟系统 ·
机械加压送风系统 ·
自然通风系统 ·
余压值 ·
压差值 ·
泄压 ·
旁通泄压阀 ·

密度差引起的热压，或室外大气运动引起的风压来引进室外新鲜空气达到通风换气作用的一种通风方式，并由此防止烟气侵入到疏散通道或疏散安全区内。此方式容易理解，简单易行，造价低，系统简单，无电动控制装置，本文不再赘述。

在不具备自然通风条件时，机械加压送风系统是确保火灾中建筑疏散楼梯间、避难层（间）及前室（合用前室）安全的主要措施。机械加压送风系统主要由送风机、送风口和送风管道组成。其工作原理是通过送风机所产生的气体流动和压力差来控制烟气的流动，即在建筑内发生火灾时，对着火区以外的有关区域进行送风加压，使其保持一定正压，以防止烟气侵入的防烟方式。为保证疏散通道不受烟气侵害使人员安全疏散，发生火灾时，从安全性的角度出发，建筑内可分为四个安全区：第一类安全区为防烟楼梯间、避难层；第二类安全区为防烟楼梯间前室、消防电梯间前室或合用前室；第三类安全区为走道；第四类安全区为房间。依据上述原则，加压送风时应使防烟楼梯间的余压值 $>$ 前室的余压值 $>$ 走道的余压值 $>$ 着火区的余压值。如果仅从防烟角度来说，送风正压值越高越好，但由于一般疏散门的方向是朝着疏散方向开启，而加压作用力的方向恰好与疏散方向相反，如果压力过高，可能会带来开门的困难，甚至导致疏散门不能开启。为避免造成开门困难影响人员疏散，应保证各空间之间的压差不要过大。

只有确保各空间之间合理的压力差，才能防止烟气侵入到疏散通道或疏散安全区内，才能保证人员的安全疏散。那么各空间的余压值保持多少大气压合适呢？

依据GB 50016—2006《建筑设计防火规范》第9.3.3条、GB 50045—95《高层民用建筑设计防火规范》第8.3.7条及北京市建筑设计研究院编制的《建筑设备专业技术措施》第18.3.7条要求，机械加压送风机的余压，除计算最不利环管道压头损失外，尚应有余压，其余压值应符合防烟楼梯间为40~50 Pa，前室、合用前室、消防电梯间前室和封闭避难层（间）为25~30 Pa。而即将实施的

GB 51251—2017《建筑防烟排烟系统技术规范》第3.4.4条则要求机械加压送风量应满足走廊至前室至楼梯间的压力呈递增分布，余压值应符合前室、封闭避难层（间）与走道之间的压差应为25~30 Pa；楼梯间与走道之间的压差应为40~50 Pa。即GB 50016—2006《建筑设计防火规范》等规范明确提出了各空间的余压值，而GB 51251—2017《建筑防烟排烟系统技术规范》则是对不具备自然排烟条件的垂直疏散通道和封闭式避难层，采用机械加压送风的防烟措施要求是以参照走道为基准压力，且保持各空间之间合理的压差值。两个规范的防烟措施是有明显的区别，应该按照哪个要求执行呢？笔者建议机械加压送风系统各空间之间的压差值设置应按照GB 51251—2017《建筑防烟排烟系统技术规范》执行，因为GB 50016—2006《建筑设计防火规范》和GB 50045—95《高层民用建筑设计防火规范》均已经失效，而GB 50016—2014《建筑设计防火规范》对此部分并没有提出具体要求。

明确了防烟系统的保护区域和压差值要求后，机械加压送风系统中的压差值是如何实现的呢？

依据GB 51251—2017《建筑防烟排烟系统技术规范》第3.4.4条要求，当系统余压值超过最大允许压力差时应采取泄压措施。泄压措施一般分为两种方式：一种是采用在各空间之间的墙体上设置带防火阀的泄压阀，泄压阀能够简便有效地控制压力，优点是造价低，系统简单，无电动控制装置，动作可靠，缺点是当通过的风量过大，阀板开启面积过大时，往往没有土建条件设置，此方式本文不再赘述；另一种泄压方式可以按照GB 51251—2017《建筑防烟排烟系统技术规范》第5.1.4条要求，采用机械加压送风系统设有测压装置及风压调节措施。目前工程常采用的测压装置是在不同空间设置相对走道的压差传感器，而风压调节措施是通过加压送风管上设置的旁通泄压阀控制送风量，使各空间相对走道的压差值符合规范要求。

针对第二种泄压措施，不管是消防联动控制系统，还是建筑设备监控系统均没有成熟的产

品，庆幸的是目前市场上已经推出多家智能防烟压差监控系统产品，其工作原理是通过不同空间设置相对走道的压差传感器获得压差值，并传输至其控制主机，由主机判断压差值是否满足GB 51251—2017中第3.4.4条要求。如压差超过或低于规范要求，则主机发出指令，通过压差控制模块开启或关闭正压送风机出口处的旁通泄压阀，调节送风量，调节各空间的余压值，进而满足各空间相对走道的压差值。

此系统填补了市场空白值得肯定，但经笔者比较几家产品资料，发现部分产品对防烟系统的理解并不到位，有些偏差，主要体现在以下三点。

1) 部分产品对设置防烟系统的目的理解有偏差，其产品过分强调设置压差监控系统是为了开启疏散门，这与防烟系统是为了防止烟气侵入到疏散通道或疏散安全区内的目的相背离。

2) 部分产品设置压力传感器测各空间的余压值是错误的，因为其依据的是失效的GB 50016—2006《建筑设计防火规范》和GB 50045—95《高层民用建筑设计防火规范》。

3) 部分产品要求楼梯间的多个楼层设置一个压差传感器有误，此方式显然对压差传感器的工作方式了解不到位。因为压差传感器测量的是相对压力，即两个部位的压差，由两个输入管口分别连接两个测点，如果距离过远则一个输入管则过长，造成测量误差过大，甚至不可实现，影响旁通阀的控制。

合理的防烟压差监控系统在机械加压送风系统中要求的各空间相对走道的压差值是如何实现的呢？

防烟楼梯间一般为一个空间，送风口可依据北京市建筑设计研究院编制《建筑设备专业技术措施》18.3.5条，防烟楼梯间加压送风口的要求设置，多层建筑每隔二层，高层建筑每隔二至三层设置一个自垂百叶式或常开百叶式风口。即防烟楼梯间的加压送风口为常开风口，不需要与正压送风机联动，风机起动则送风口开启送风，风机关闭则送风口关闭停止送风。系统简单，无电动控制装置，动作可靠。

设置常开送风口的压差控制原理是发生火灾后，通过火灾自动报警系统及联动控制系统启动防烟楼梯间的正压送风机进行送风，通过自垂百叶式或常开百叶式风口对防烟楼梯间送风，使防烟楼梯间迅速升压。同时，由烟感火灾探测器、温感火灾探测器等火灾自动报警系统中的报警设备获取着火点具体楼层位置，并将此信号发送至防烟压差监控系统主机，主机通过设置在每层防烟楼梯间与走道的压差传感器获取压差值，压差传感器测量值低于40 Pa或超过50 Pa，则关闭或开启防烟楼梯间加压送风机出口处的旁通泄压阀，使压差值保持在40~50 Pa，满足规范要求，为疏散创造良好条件。

防烟楼梯间前室、消防电梯间前室或合用前室分别在每层均为独立空间，送风口可依据北京市建筑设计研究院编制《建筑设备专业技术措施》第18.3.6条，前室加压送风口的要求设置，应每层设置一个常闭型加压送风口，可在消防控制室遥控自动开启，并与加压送风机的起动装置连锁。即前室设置常闭型加压送风口，着火时，通过火灾自动报警系统及联动控制系统启动前室的正压送风机进行送风，消防联动打开着火层或相关楼层的常闭型加压送风口，其他无关楼层的送风口为常闭状态，基本不漏风，能保证着火层和相关层的前室迅速升压。若前室门还未打开，此时前室余压值会迅速增大，从走道内难以推开通向前室的门，使疏散困难，因此应通过控制正压送风机的送风量来调节前室的余压值。

设置常闭送风口的前室压差控制原理是发生火灾后，通过火灾自动报警系统及联动控制系统启动前室的正压送风机进行送风，并对着火楼层定位，联动开启着火相关层（2层或3层）防烟楼梯间前室、消防电梯间前室或合用前室的常闭型加压送风口。如果疏散门尚未打开，该层前室迅速升压，可通过设置在每层前室与走道的压差传感器测量与着火层相关的2或3层中的任意一层前室与走道的压差是否低于25 Pa或超过30 Pa，从而决定是否关闭或开启前室加压送风机出口处的旁通泄压阀，使压差值保持在25~30 Pa。如果与之相

关的2或3层中的任意一层疏散门一旦开启,送风量将迅速由开启的门洞流出泄压,使各层压差传感器均不超压,加压送风机出口处的旁通泄压阀则关闭,送风量恢复至设计值,为疏散创造良好条件。

另外封闭避难层(间)的机械加压送风系统的实施可以参照防烟楼梯间前室、消防电梯间前室、合用前室或防烟楼梯间的控制逻辑执行。

结束语

通过梳理、分析防烟系统的保护区域、压差值要求及合理的防烟压差监控系统产品,发现机械加压送风系统压差控制逻辑关系并不复杂,且在相关规范有明确要求。为了在火灾发生时,机械加压送风系统能够及时开启,防止烟气侵入作为

疏散通道的走廊、楼梯间及其前室,以确保有一个安全可靠、畅通无阻的疏散通道和环境,为安全疏散提供足够的时间,需要暖通专业提资明确且充分,电气专业也需要对相关提资理解透彻,机电专业密切配合沟通,并详细分析工程的防烟系统设置情况,合理使用智能防烟压差监控系统才可以实现。

参考文献

- [1] GB 51251—2017 建筑防烟排烟系统技术规范[S].
- [2] GB 50045—95 高层民用建筑设计防火规范[S].
- [3] GB 50016—2006 建筑设计防火规范[S].
- [4] 建筑设备专业技术措施[S].
- [5] GB 50016—2014 建筑设计防火规范[S].

(收稿日期:2018-04-15) **EA**

(上接第39页)

进一步对动作报文进行谐波分析,发现本次区外故障时因为谐波分量较大,影响了半周傅里叶算法计算结果,使误差较大从而导致了保护装置误动。具体如图3所示。

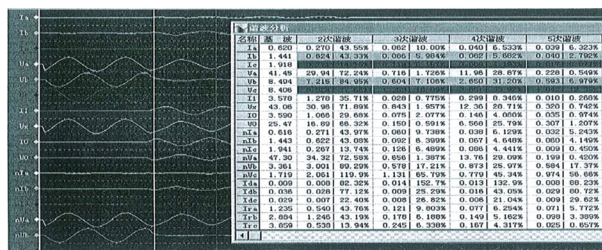


图3 谐波分析

4 结束语

事故分析后,继电保护人员联系深南瑞厂家研发人员将分析结果进行了反馈,得到了对方的确认,并对算法进行了改进,将V3.00版本程序升级至V3.02版本,通过现场联调和实验室实时动态仿真技术验证V3.02版本程序的可靠性。本文通过叙述一起非常规原因导致的110 kV线路继电保护装置误动事件,向供电部门继电保护人员介绍了在排查保护装置误动事件时容易忽视的一种可能性和分析方法。由于在变电站用继电保护测试仪进

行调试时,只能进行简单的故障模拟,并不能完全反映系统故障时的真实情况,不利于继电保护人员查找装置误动原因。因此继电保护人员可以在掌握厂家保护原理的基础上应用计算机技术,调取录波文件进行分析计算查找原因,最后实时动态仿真技术进行验证。

参考文献

- [1] 黄建英.一起220kV线路保护误动作分析及防范措施[J].内蒙古科技与经济,2013(23):123-124.
- [2] 韦庆宁.一起110kV线路保护误动原因分析[J].广西电力,2013(1):59-62.
- [3] DL/T 584—2007 3kV~110 kV电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [4] GB/T 14285—2006 继电保护和安全自动装置技术规程[S].
- [5] 李艳红,谭惠尹.浅谈全波傅里叶算法与半波傅里叶算法[J].电子世界,2012(7):97-98.
- [6] 高崇,余浩.基于傅里叶级数的相量计算方法研究[J].通讯世界,2014(17):26-28.

(收稿日期:2016-12-02) **EA**