

# 气体灭火系统泄压口设计探讨

唐毅

(上海市消防总队,上海 200051)

**摘要:**对《气体灭火系统设计规范》等消防技术规范中规定的泄压口计算公式进行分析,针对气体灭火系统泄压口设计存在的问题进行探讨,并提出几种可行的泄压方式。

**关键词:**泄压口;气体灭火系统

近年来国家信息技术迅速发展,大中型电子信息设备日益增多,电子信息设备需要气体灭火系统保护的建筑工程也越来越多。同时,一些业主的消防保护意识增强,GB 50016-2006《建筑设计防火规范》和 GB 50045-1995(2005年版)《高层民用建筑设计防火规范》等国家消防技术规范并不需要设置气体灭火系统的建筑工程也逐步增多。从目前的工程实践中看,在气体灭火系统设计中,对灭火剂用量、喷射时间、管径、喷嘴大小及与火灾自动报警系统联动等问题基本都符合消防技术规范要求,但是很多工程却对泄压口的设计不重视,由于泄压口的设置不当,引起防护区围护结构损坏,造成人员受伤、灭火失败的事例已多次发生。因此应在气体灭火系统设计中充分考虑泄压口的设置,保证气体灭火系统的可靠性和安全性。

## 1 消防技术规范对泄压口的规定

### 1.1 设置要求及位置的规定

从 GB 50193-1993(1999年版)《二氧化碳灭火系统设计规范》第3.2.6条,GBJ 110-1987《卤代烷 1211 灭火系统设计规范》(以下简称《1211 规范》)第2.0.7和 GB 50163-1992《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》第2.0.5条的规定看,这些规范对泄压口的规定基本一致,即:防护区应设置泄压口,并宜设在外墙上,其高度应大于防护区净高的2/3。当防护区设有防爆泄压孔或门窗缝隙设密封条的,可不设置泄压口。

但是 GB 50370-2005《气体灭火系统设计规范》第3.2.7条、第3.2.8条的规定和上述三个气体灭火系统设计规范有所不同,没有规定当防护区设有防爆泄压孔或门窗缝隙没有设密封条的可以不设置泄压口。

### 1.2 泄压口面积的规定

从上述四个气体灭火系统消防技术规范看,泄压口面积的确定简化为下式:

$$F = KQ/P^{0.5} \quad (1)$$

式中: $F$ ——泄压口面积( $m^2$ );

$K$ ——系数,不同灭火剂种类的系统  $K$  取值不一;

$Q$ ——平均喷放速率( $kg/s$  或  $kg/min$ );

$P$ ——围护结构承受内压的允许压强(Pa 或 kPa)。

### 1.3 对气体灭火系统规范中泄压口规定存在疑问

#### 1.3.1 设置的位置和高度

规范主要规定了两条,一是宜设在外墙上,二是高度应大于防护区净高的2/3。二氧化碳( $CO_2$ )、1211、1301三种气体的比重远大于空气,因此设置在防护区净高的2/3以上是毫无疑问的。但是宜设在外墙上,这一条虽非硬性规定,但是如果无法在外墙上设置泄压口,无论规范本身还是规范说明,都没提供任何一种解决方案。

#### 1.3.2 不需要设置泄压口的情形

规范规定:当防护区设有防爆泄压孔或门窗缝隙设密封条的,可不设置泄压口。这条规定不妥当,门窗缝隙没有密封条的面积远小于泄压口的面积,可能导致防护区围护结构损坏,灭火失败。例如:一个无管网1211灭火系统工程,房间层间高2.7m,其泄压口经计算约为 $0.04 m^2$ ,但是防护区只有一扇 $2 m \times 0.9 m$ 宽的门,那么这扇门的三面的缝隙都要达到1cm,才能与泄压口的计算面积相等;如果按照泄压口要设在防护区净高的2/3,那么这扇门的缝隙要达到3.64cm,有这么厚的密封条?门窗缝隙没有设密封条的情况,笔者认为可以在泄压口的计算面积中扣除,以确保泄压口开口总面积符合消防技术规范的规定。

#### 1.3.3 围护结构能够承受的压强

从泄压口计算公式看出,围护结构承受内压的允许压强越低,泄压口的面积越大。目前在审核工作中一般采用1.2、2.4、4.8 kPa进行校核,通常从安全的角度考虑,采用1.2 kPa,这些数据是NFPA 12B-1980中给

出的建筑物的最低允许压强,见表1。

表1 NFPA 12B-1980中建筑物的最低允许压强

建筑物类型	最低允许压强(Pa)
轻型建筑和高层	1 200
标准建筑	2 400
重型和地下建筑	4 800

但是在目前所有现行的消防设计规范和标准中都未规定,什么是轻型建筑?什么是标准建筑?气体灭火系统不可能设置在整栋建筑内,一般都安置在建筑物中的一些局部区域内,因此,防护区围护结构的承压数值并不与建筑的整体结构和建筑类型有关,防护区围护结构所采用的建筑构件究竟能够达到多大的允许压强?同时NFPA 12B-1980规定的建筑围护结构承压数值大多针对的是20世纪80年代以前的建筑方法。随着近30年来建筑科技的发展,各种建筑材料和砌筑轻质隔墙方法层出不穷,这些轻质隔墙是否还能承受1 200 Pa的压力?相同的材料,采用不同的方法砌筑隔墙,是否都能承受相同的压强?这些问题都直接影响泄压口面积的确定,建议采用模拟实验的方法予以确定。

美国安索公司的烟络尽气体灭火系统设计指南建议,在无法确认防护区围护结构的最大承受压力时,为了确保围护结构不坍塌或损坏,围护结构承受内压的允许压强建议采用240 Pa。

## 2 气体灭火系统泄压口设置存在的问题

### 2.1 不设置泄压口或设置面积不符合要求

《1211规范》第2.0.7条的条文说明指出:将卤代烷1211灭火剂施放到一个完全密闭的防护区内,由于室内混合气体量增加,空间内的压强亦随之升高,压强升高值与空间的密闭程度、喷入的灭火剂浓度有关。如向一个完全密闭的空间内喷入5%体积浓度的卤代烷1211灭火剂,空间内的压强约增加5 kPa。卤代烷1211和1301系统对电信机房的设计浓度为5%,而CO<sub>2</sub>系统为34%,IG 541为37.5%,浓度增加了近7倍,CO<sub>2</sub>或IG 541系统喷放时,防护空间内的压强会成正比增加,如果不设置泄压口或设置面积过小不符合要求,灭火系统动作后,防护区内的压力极速增大,将使防护区的围护结构部分坍塌或损坏,灭火剂流失,致使灭火失败。

### 2.2 泄压口设置在影响安全疏散的墙上

因灭火过程中防护区超压排放的高温有毒气体会通过泄压口扩散到疏散通道内或安全出口附近,个别

工程甚至将泄压口设置在楼梯间的墙上,这种设置会影响人员安全疏散。特别是七氟丙烷在高温情况下会分解产生氢氟酸,对人员疏散影响更大。同时,用作封堵泄压口的物品(如:薄木片、普通玻璃)会在高压下破碎,随气体冲出,击打在附近的人员身上造成伤害事故。

### 2.3 泄压口设置在防火墙上

一些工程将泄压口设置在外墙上,但是这外墙却是防火墙且未采用防火措施,泄压口的设置破坏了与相邻建筑之间的防火间距,有可能会因相邻建筑失火热辐射通过泄压口引燃可燃的泄压口封闭物甚至气体灭火系统的保护对象。

### 2.4 泄压口设置在吊顶内

灭火过程中超压排放的气体往往为高温气体直接排放到防护区以外的吊顶内,可能会引燃吊顶内的可燃物,造成火灾蔓延扩大。

### 2.5 泄压口离喷头的距离过近

一些工程在设置泄压口时未考虑喷头与泄压口的距离,两者之间的距离过近,造成喷头喷出的灭火剂直接排向泄压口,引起灭火系统的设计浓度降低,影响灭火效果。特别是IG 541灭火系统,由于IG 541混合气体的比重非常接近空气,扩散速度受重力的影响比其他几种气体灭火剂小,在设计时要特别考虑泄压口与喷头的距离。

### 2.6 泄压口封闭措施不当

有些气体灭火系统的保护对象,由于需要保持温度和湿度不变,泄压口需要长期保持密闭状态,一些工程采用上悬百叶窗来封闭泄压口,但是百叶窗最大开启角度不能达到90°,一些甚至只有45°,致使泄压口的有效开启面积减少,影响泄压。我们不能将泄压口只简单的理解为一个开口,应当将其视为一个设施,这个设施是气体灭火系统的重要组成部分。组成泄压口这种设施的各种零件(人口栅、风挡等)在气体泄放时都将产生摩擦阻力,这些都应当予以充分考虑,在目前工程设计实践中,可以增加泄压口的有效面积,以减少这种零件引起的压力增加。泄压口的面积越小,需要增加的比例越大。

## 3 不能在外墙上开启泄压口直接泄压的解决方案

### 3.1 通过非防护区泄放

如果防护区未靠外墙设置或无法通过外墙泄压时,可以考虑通过向与防护区贴邻的非防护区泄放压力。

### 3.1.1 应当注意的问题

一是泄放时非防护区内的压力与该区域墙体允许承受压力之间的关系。如果泄放时非防护区压力大于墙体允许的承受压力,则非防护区也应当设置泄压口。假定无泄压口的防护区在气体灭火系统施放时温度不变,则空间内压力的增加值按下式计算:

$$\Delta P = 10^3 C \quad (2)$$

式中: $\Delta P$ ——防护区压力增加值(Pa);

$C$ ——气体灭火系统的体积浓度。

通过泄压口向非防护区泄压时,非防护区的压力增加值按下式计算:

$$\Delta P = Q^2 / (2K^2 F^2 \rho) \quad (3)$$

式中: $\Delta P$ ——非防护区压力增加值(Pa);

$Q$ ——平均喷放速率(kg/s或kg/min);

$K$ ——泄压口缩流系数,窗式开口取0.5~0.7;

$F$ ——泄压口面积( $m^2$ );

$\rho$ ——泄放的气体密度( $kg/m^3$ )。

二是设计时,压力的泄放方向应当为通过小空间向大空间泄放压力,因此非防护区的容积应当大于防护区,否则应当采用其他泄压方式,如管道泄压。

三是气体泄放时,压力是可以叠加的。叠加的压力之和不能超过墙体的最大承受压力,特别是防护区与非防护区之间的墙体所承受的压力更应当校核。

四是通过非防护区泄压,非防护区不应当是人员聚集的办公室等场所,防护区和非防护区的泄压口设置位置应当符合技术规范要求,并且防止对人员产生损害。

### 3.1.2 计算步骤

①确定防护区墙体允许承受的最大压力, $P_1$ 。

②确定非防护区墙体允许承受的最大压力, $P_2$ 。

③确定防护区和非防护区墙体允许承受的最大计算压强, $P_{d1}$ 、 $P_{d2}$ ;如果防护区和非防护区墙体的围护结构相同,则防护区墙体允许承受的最大计算压强可按照墙体允许承受的最大压强50%, $P_{d1} = P_1/2$ ;如果防护区和非防护区墙体的围护结构不相同, $P_{d1} = P_{d2} + P_{d2}$ 。

④按照防护区的容积、灭火设计浓度、喷放时间、防护区墙体允许承受的最大计算压强 $P_{d1}$ 确定防护区的泄压口面积, $F_1$ 。

⑤按照非防护区的容积、灭火设计浓度、喷放时间、非防护区墙体允许承受的最大计算压强 $P_{d2}$ 确定非防护区的泄压口面积, $F_2$ 。

⑥按照步骤④和步骤⑤分别计算出的泄压口面积

之和应当等于采用防护区墙体允许承受的最大压力 $P_1$ 计算出的泄压口面积, $F = F_1 + F_2$ 。

### 3.2 通过相邻的防护区泄放

通过相邻的防护区泄压与通过非防护区泄放时应当注意的问题较为类似,但是有一点较为特殊,就是设计流量和压力必须叠加。

计算步骤

①分别确定两个防护区墙体允许承受的最大压力, $P_1$ 、 $P_2$ 。

②分别确定两个防护区的平均喷放速率, $Q_1$ 、 $Q_2$ 。

③确定第二个防护区的计算平均喷放速率 $Q$ , $Q = Q_1 + Q_2$ 。

④确定防护区和非防护区墙体允许承受的最大计算压强, $P_{d1}$ 、 $P_{d2}$ ;如果两个防护区墙体的围护结构相同,则防护区墙体允许承受的最大计算压强可取墙体允许承受的最大压强的50%, $P_{d1} = P_1/2$ ;如果防护区和非防护区墙体的围护结构不相同, $P_{d1} = P_{d2} + P_{d2}$ 。

⑤按照第一个防护区的容积、灭火设计浓度 $Q_1$ 、喷放时间、防护区墙体允许承受的最大计算压强 $P_{d1}$ 确定防护区的泄压口面积。

⑥按照第二个防护区的容积、灭火设计浓度 $Q_2$ 、喷放时间、第二个防护区墙体允许承受的最大计算压强 $P_{d2}$ 确定第二个防护区的泄压口面积。

### 3.3 通过专用管道泄放

通过专用管道泄放是指在防护区的墙上按照规范要求设置泄压口,泄压口处通过独立使用的密封钢制管道紧密连结至外墙或安全处的一种压力泄压方式。

通过专用管道泄放压力时应当注意:

一是气体系统喷放时产生的压力应当等于管道产生的压力降与自由泄放面积的设计压力之和;

二是泄压口的实际面积应当大于经计算出的面积。

计算步骤

①确定防护区墙体允许承受的最大压力, $P_1$ 。

②确定泄压管道的长度, $L$ 。

③确定自由泄放时泄压口的面积, $F_0$ 。

④估算管道的直径, $d = (4F/\pi)^{0.5}$ 。

⑤增加管道直径的安全系数0.15~0.25并计算管道的实际面积,也是泄压口的实际面积。泄压口面积较小时取值应增大。

⑥计算通过泄压口泄压时产生的压力降, $\Delta P_1 = (KQ/F)^2$ 。

⑦计算管道各类型弯管的当量长度,确定管道总

的压力降,  $\Delta P_2$ 。

⑧计算管道终点处的人口栅、风挡等的压力降,  $\Delta P_3$ 。

⑨确定总的压力降  $\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$ ; 总的压力降应当小于防护区墙体允许承受的最大压力,  $\Delta P < P$ 。

计算气体在管道、人口栅、风挡等的压力降所涉及的参数,如:当量长度、阻力损失等建议参照国内外有关空调通风方面的规范、资料的数值。

#### 4 结束语

目前,国家和部分省市编制了一些洁净灭火气体设计规范,对系统设置、操控等进行了规定,但多数内容雷同,一些条款笼统原则,没有操作性,尤其是一些涉及诸如泄压口、围护结构等气体灭火系统的具有共性的基础性问题规定得比较简单,对于在设计、审核过程中碰到的具体问题在适用这些条款时往往无所适从,理解有偏差,解决办法不多,导致影响系统运行时存在的问题较多。因此建议:

一是在参考国外气体灭火系统设计规范特别是一些国际知名气体灭火系统制造商的产品安装指南、内部参考文献、试验数据的基础上,编制气体灭火系统泄压设计指南,并提供设计参考数据。

二是通过试验和流体力学方法,测定灭火气体和

火灾产生的气体混合物通过管道、人口栅、风挡的阻力损失,为通过专用管道泄放压力打下运用基础。

三是通过试验确定常用的围护结构的承压数值,特别应测试采用相同建筑材料但施工方式不同或各种材料使用比例不同的情况下的围护结构的承压数值。

四是组织研究、生产既满足泄压要求又能达到一定耐火极限,具有人口栅、风挡的泄压设施,并制定相应的产品标准。

笔者仅从日常消防设计审核工作的角度,对气体灭火系统的泄压口进行探讨,提出了初步的解决方案,但是由于笔者知识结构和条件的限制,对一些问题认识有偏差,不足之处,敬请指正。

#### 参考文献:

- [1] GB 50370-2005, 气体灭火系统设计规范[S].
- [2] GB 50193-1993(1999年版), 二氧化碳灭火系统设计规范[S].
- [3] GB 50163-1992, 卤代烷 1301 灭火系统设计规范[S].
- [4] GBJ 110-1987 卤代烷 1211 灭火系统设计规范[S].
- [5] 安家公司, 烟烙尽设计指南[R], 1998.

收稿日期:2007-11-19; 修回日期:2008-01-13

作者地址:上海市虹口区西阳路300号虹口区消防支队

电话:(021)23032424

E-mail:freety119@163.com

## 扬州江亚消防药剂有限公司

扬州江亚消防药剂有限公司(原江都市消防药剂厂)创建于1978年,是江苏省公安厅消防局定点生产消防药剂、消防器材、消防服装的专业公司。公司从1985年起与公安部天津消防研究所成立了生产科研联合体,其生产的产品均采用消防科研成果的技术组织生产。品种齐全,技术先进,性能稳定,安全可靠。其中13个规格型号的产品获得中国船级社船用产品型式认可证书,有22个规格型号的产品获得公安部消防产品合格评定中心颁发的产品型式认可证书。质量管理体系,环境管理体系,分别通过ISO 9001:2000和ISO 14001:2004体系认证,并于2006年5月8日获得认证证书。

公司生产的主要产品有:AFFF1、3、6环保型水成膜泡沫灭火剂;AFFF-AR3、6环保型抗溶水成膜泡沫灭火剂;环保型A、B类泡沫灭火剂;FFFP6环保型成膜氟蛋白泡沫灭火剂;FFFP-AR6环保型成膜氟蛋白抗溶性

泡沫灭火剂;YEFK3、6环保型氟蛋白抗溶性泡沫灭火剂;YE3、6环保型蛋白泡沫灭火剂;YEF3、6环保型氟蛋白泡沫灭火剂;YEKJ3、6环保型抗溶性泡沫灭火剂;YEGZ3、6环保型高倍数泡沫灭火剂;YEGZ3、6D环保型耐海水高倍数泡沫灭火剂;ABC50、70型干粉灭火剂;BC82型干粉灭火剂等系列灭火剂;消防隔热服、消防员灭火防护服;消防员化学防护服;救生抛投器;电绝缘服等消防员个人装备系列产品。

地址:江苏省江都市砖桥向阳路9号

邮编:225233

电话:(0514)6842880 6843999

传真:(0514)6084005

总经理:刘伟 联系人:徐世顺

Http://www.jiangya.com

E-mail:jd\_xfyj@public.yz.js.cn