

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50370 - 2005

气体灭火系统设计规范

Code for design of gas fire extinguishing systems

2006 - 03 - 02 发布

2006 - 05 - 01 实施

中华人民共和国建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

气体灭火系统设计规范

Code for design of gas fire extinguishing systems

GB 50370 - 2005

主编部门：中华人民共和国公安部

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2006年5月1日

中华人民共和国建设部公告

第 412 号

建设部关于发布国家标准 《气体灭火系统设计规范》的公告

现批准《气体灭火系统设计规范》为国家标准,编号为 GB 50370—2005,自 2006 年 5 月 1 日起实施。其中,第 3.1.4、3.1.5、3.1.15、3.1.16、3.2.7、3.2.9、3.3.1、3.3.7、3.3.16、3.4.1、3.4.3、3.5.1、3.5.5、4.1.3、4.1.4、4.1.8、4.1.10、5.0.2、5.0.4、5.0.8、6.0.1、6.0.3、6.0.4、6.0.6、6.0.7、6.0.8、6.0.10 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

二〇〇六年三月二日

前 言

本规范是根据建设部建标[2002]26号文《二〇〇一~二〇〇二年度工程建设国家标准制定、修订计划》要求,由公安部天津消防研究所会同有关单位共同编制完成的。

在编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国气体灭火系统研究、生产、设计和使用的科研成果及工程实践经验,参考了相关国际标准及美、日、德等发达国家的相关标准,进行了有关基础性实验及工程应用实验研究。广泛征求了设计、科研、制造、施工、大专院校、消防监督等部门和单位的意见,最后经专家审查,由有关部门定稿。

本规范共分六章和七个附录,内容包括:总则、术语和符号、设计要求、系统组件、操作与控制、安全要求等。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释,由公安部负责具体管理,公安部天津消防研究所负责具体技术内容的解释。请各单位在执行本规范过程中,注意总结经验、积累资料,并及时把意见和有关资料寄往本规范管理组(公安部天津消防研究所,地址:天津市南开区卫津南路110号,邮编:300381),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位:公安部天津消防研究所

参 编 单 位:国家固定灭火系统及耐火构件质量监督检验中心
北京城建设计研究总院
中国铁道科学研究院
深圳因特安全技术有限公司

中国移动通信集团公司
陕西省公安消防总队
深圳市公安局消防局
广东胜捷消防企业集团
浙江蓝天环保科技股份有限公司
杭州新纪元消防科技有限公司
西安坚瑞化工有限责任公司

主要起草人: 东靖飞 谢德隆 杜兰萍 马 恒 刘连喜
李根敬 宋 波 许春元 刘跃红 伍建许
王宝伟 万 旭 李深梁 常 欣 王元荣
靳玉广 郭鸿宝 陆 曦

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	设计要求	(6)
3.1	一般规定	(6)
3.2	系统设置	(7)
3.3	七氟丙烷灭火系统	(8)
3.4	IG541 混合气体灭火系统	(13)
3.5	热气溶胶预制灭火系统	(17)
4	系统组件	(19)
4.1	一般规定	(19)
4.2	七氟丙烷灭火系统组件专用要求	(21)
4.3	IG541 混合气体灭火系统组件专用要求	(21)
4.4	热气溶胶预制灭火系统组件专用要求	(21)
5	操作与控制	(22)
6	安全要求	(24)
附录 A	灭火浓度和惰化浓度	(25)
附录 B	海拔高度修正系数	(27)
附录 C	七氟丙烷灭火系统喷头等效孔口单位面积 喷射率	(28)
附录 D	喷头规格和等效孔口面积	(30)
附录 E	IG541 混合气体灭火系统管道压力系数和 密度系数	(31)

附录 F IG541 混合气体灭火系统喷头等效孔口单位 面积喷射率	(33)
附录 G 无毒性反应(NOAEI)、有毒性反应(LOAEI) 浓度和灭火剂技术性能	(35)
本规范用词说明	(36)
附:条文说明	(37)

1 总 则

1.0.1 为合理设计气体灭火系统,减少火灾危害,保护人身和财产的安全,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建、扩建的工业和民用建筑中设置的七氟丙烷、IG541 混合气体和热气溶胶全淹没灭火系统的设计。

1.0.3 气体灭火系统的设计,应遵循国家有关方针和政策,做到安全可靠、技术先进、经济合理。

1.0.4 设计采用的系统产品及组件,必须符合国家有关标准和规定的要求。

1.0.5 气体灭火系统设计,除应符合本规范外,还应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 防护区 protected area

满足全淹没灭火系统要求的有限封闭空间。

2.1.2 全淹没灭火系统 total flooding extinguishing system

在规定的时间内,向防护区喷放设计规定用量的灭火剂,并使其均匀地充满整个防护区的灭火系统。

2.1.3 管网灭火系统 piping extinguishing system

按一定的应用条件进行设计计算,将灭火剂从储存装置经由干管支管输送至喷放组件实施喷放的灭火系统。

2.1.4 预制灭火系统 pre-engineered systems

按一定的应用条件,将灭火剂储存装置和喷放组件等预先设计、组装成套且具有联动控制功能的灭火系统。

2.1.5 组合分配系统 combined distribution systems

用一套气体灭火剂储存装置通过管网的选择分配,保护两个或两个以上防护区的灭火系统。

2.1.6 灭火浓度 flame extinguishing concentration

在 101kPa 大气压和规定的温度条件下,扑灭某种火灾所需气体灭火剂在空气中的最小体积百分比。

2.1.7 灭火密度 flame extinguishing density

在 101kPa 大气压和规定的温度条件下,扑灭单位容积内某种火灾所需固体热气溶胶发生剂的质量。

2.1.8 惰化浓度 inerting concentration

有火源引入时,在 101kPa 大气压和规定的温度条件下,能抑制空气中任意浓度的易燃可燃气体或易燃可燃液体蒸气的燃烧发

生所需的气体灭火剂在空气中的最小体积百分比。

2.1.9 浸渍时间 soaking time

在防护区内维持设计规定的灭火剂浓度,使火灾完全熄灭所需的时间。

2.1.10 泄压口 pressure relief opening

灭火剂喷放时,防止防护区内压超过允许压强,泄放压力的开口。

2.1.11 过程中点 course middle point

喷放过程中,当灭火剂喷出量为设计用量 50% 时的系统状态。

2.1.12 无毒性反应浓度(NOAEI 浓度) NOAEI concentration

观察不到由灭火剂毒性影响产生生理反应的灭火剂最大浓度。

2.1.13 有毒性反应浓度(LOAEI 浓度) LOAEI concentration

能观察到由灭火剂毒性影响产生生理反应的灭火剂最小浓度。

2.1.14 热气溶胶 condensed fire extinguishing aerosol

由固体化学混合物(热气溶胶发生剂)经化学反应生成的具有灭火性质的气溶胶,包括 S 型热气溶胶、K 型热气溶胶和其他型热气溶胶。

2.2 符 号

C_1 ——灭火设计浓度或惰化设计浓度;

C_2 ——灭火设计密度;

D ——管道内径;

F_c ——喷头等效孔口面积;

F_k ——减压孔板孔口面积;

F_x ——泄压口面积;

g ——重力加速度;

- H ——过程中点时,喷头高度相对储存容器内液面的位差;
 K ——海拔高度修正系数;
 K_v ——容积修正系数;
 L ——管道计算长度;
 n ——储存容器的数量;
 N_d ——流程中计算管段的数量;
 N_g ——安装在计算支管下游的喷头数量;
 P_0 ——灭火剂储存容器充压(或增压)压力;
 P_1 ——减压孔板前的压力;
 P_2 ——减压孔板后的压力;
 P_c ——喷头工作压力;
 P_i ——围护结构承受内压的允许压强;
 P_h ——高程压头;
 P_m ——过程中点时储存容器内压力;
 Q ——管道设计流量;
 Q_c ——单个喷头的设计流量;
 Q_g ——支管平均设计流量;
 Q_k ——减压孔板设计流量;
 Q_w ——主干管平均设计流量;
 Q_x ——灭火剂在防护区的平均喷放速率;
 q_c ——等效孔口单位面积喷射率;
 S ——灭火剂过热蒸气或灭火剂气体在 101kPa 大气压和防护区最低环境温度下的质量体积;
 T ——防护区最低环境温度;
 t ——灭火剂设计喷放时间;
 V ——防护区净容积;
 V_0 ——喷放前,全部储存容器内的气相总容积(对 IG541 系统为全部储存容器的总容积);
 V_1 ——减压孔板前管网管道容积;

- V_2 ——减压孔板后管网管道容积；
 V_b ——储存容器的容量；
 V_p ——管网的管道内容积；
 W ——灭火设计用量或惰化设计用量；
 W_0 ——系统灭火剂储存量；
 W_s ——系统灭火剂剩余量；
 Y_1 ——计算管段始端压力系数；
 Y_2 ——计算管段末端压力系数；
 Z_1 ——计算管段始端密度系数；
 Z_2 ——计算管段末端密度系数；
 γ ——七氟丙烷液体密度；
 δ ——落压比；
 η ——充装量；
 μ_k ——减压孔板流量系数；
 ΔP ——计算管段阻力损失；
 ΔW_1 ——储存容器内的灭火剂剩余量；
 ΔW_2 ——管道内的灭火剂剩余量。

3 设计要求

3.1 一般规定

3.1.1 采用气体灭火系统保护的防护区,其灭火设计用量或惰化设计用量,应根据防护区内可燃物相应的灭火设计浓度或惰化设计浓度经计算确定。

3.1.2 有爆炸危险的气体、液体类火灾的防护区,应采用惰化设计浓度;无爆炸危险的气体、液体类火灾和固体类火灾的防护区,应采用灭火设计浓度。

3.1.3 几种可燃物共存或混合时,灭火设计浓度或惰化设计浓度,应按其中最大的灭火设计浓度或惰化设计浓度确定。

3.1.4 两个或两个以上的防护区采用组合分配系统时,一个组合分配系统所保护的防护区不应超过 8 个。

3.1.5 组合分配系统的灭火剂储存量,应按储存量最大的防护区确定。

3.1.6 灭火系统的灭火剂储存量,应为防护区的灭火设计用量、储存容器内的灭火剂剩余量和管网内的灭火剂剩余量之和。

3.1.7 灭火系统的储存装置 72 小时内不能重新充装恢复工作的,应按系统原储存量的 100% 设置备用量。

3.1.8 灭火系统的设计温度,应采用 20℃。

3.1.9 同一集流管上的储存容器,其规格、充压压力和充装量应相同。

3.1.10 同一防护区,当设计两套或三套管网时,集流管可分别设置,系统启动装置必须共用。各管网上喷头流量均应按同一灭火设计浓度、同一喷放时间进行设计。

3.1.11 管网上不应采用四通管件进行分流。

- 3.1.12** 喷头的保护高度和保护半径,应符合下列规定:
- 1 最大保护高度不宜大于 6.5m;
 - 2 最小保护高度不应小于 0.3m;
 - 3 喷头安装高度小于 1.5m 时,保护半径不宜大于 4.5m;
 - 4 喷头安装高度不小于 1.5m 时,保护半径不应大于 7.5m。
- 3.1.13** 喷头宜贴近防护区顶面安装,距顶面的最大距离不宜大于 0.5m。
- 3.1.14** 一个防护区设置的预制灭火系统,其装置数量不宜超过 10 台。
- 3.1.15** 同一防护区内的预制灭火系统装置多于 1 台时,必须能同时启动,其动作响应时差不得大于 2s。
- 3.1.16** 单台热气溶胶预制灭火系统装置的保护容积不应大于 160m³;设置多台装置时,其相互间的距离不得大于 10m。
- 3.1.17** 采用热气溶胶预制灭火系统的防护区,其高度不宜大于 6.0m。
- 3.1.18** 热气溶胶预制灭火系统装置的喷口宜高于防护区地面 2.0m。

3.2 系统设置

3.2.1 气体灭火系统适用于扑救下列火灾:

- 1 电气火灾;
- 2 固体表面火灾;
- 3 液体火灾;
- 4 灭火前能切断气源的气体火灾。

注:除电缆隧道(夹层、井)及自备发电机房外,K 型和其他型热气溶胶预制灭火系统不得用于其他电气火灾。

3.2.2 气体灭火系统不适用于扑救下列火灾:

- 1 硝化纤维、硝酸钠等氧化剂或含氧化剂的化学制品火灾;
- 2 钾、镁、钠、钛、锆、铀等活泼金属火灾;

- 3 氢化钾、氢化钠等金属氢化物火灾；
 - 4 过氧化氢、联胺等能自行分解的化学物质火灾；
 - 5 可燃固体物质的深位火灾。
- 3.2.3 热气溶胶预制灭火系统不应设置在人员密集场所、有爆炸危险性的场所及有超净要求的场所。K型及其他型热气溶胶预制灭火系统不得用于电子计算机房、通讯机房等场所。
- 3.2.4 防护区划分应符合下列规定：
- 1 防护区宜以单个封闭空间划分；同一区间的吊顶层和地板下需同时保护时，可合为一个防护区；
 - 2 采用管网灭火系统时，一个防护区的面积不宜大于 800m^2 ，且容积不宜大于 3600m^3 ；
 - 3 采用预制灭火系统时，一个防护区的面积不宜大于 500m^2 ，且容积不宜大于 1600m^3 。
- 3.2.5 防护区围护结构及门窗的耐火极限均不宜低于 0.5h ；吊顶的耐火极限不宜低于 0.25h 。
- 3.2.6 防护区围护结构承受内压的允许压强，不宜低于 1200Pa 。
- 3.2.7 防护区应设置泄压口，七氟丙烷灭火系统的泄压口应位于防护区净高的 $2/3$ 以上。
- 3.2.8 防护区设置的泄压口，宜设在外墙上。泄压口面积按相应气体灭火系统设计规定计算。
- 3.2.9 喷放灭火剂前，防护区内除泄压口外的开口应能自行关闭。
- 3.2.10 防护区的最低环境温度不应低于 -10°C 。

3.3 七氟丙烷灭火系统

- 3.3.1 七氟丙烷灭火系统的灭火设计浓度不应小于灭火浓度的 1.3 倍，惰化设计浓度不应小于惰化浓度的 1.1 倍。
- 3.3.2 固体表面火灾的灭火浓度为 5.8% ，其他灭火浓度可按本规范附录A中表A-1的规定取值，惰化浓度可按本规范附录A中

表 A-2 的规定取值。本规范附录 A 中未列出的,应经试验确定。

3.3.3 图书、档案、票据和文物资料库等防护区,灭火设计浓度宜采用 10%。

3.3.4 油浸变压器室、带油开关的配电室和自备发电机房等防护区,灭火设计浓度宜采用 9%。

3.3.5 通讯机房和电子计算机房等防护区,灭火设计浓度宜采用 8%。

3.3.6 防护区实际应用的浓度不应大于灭火设计浓度的 1.1 倍。

3.3.7 在通讯机房和电子计算机房等防护区,设计喷放时间不应大于 8s;在其他防护区,设计喷放时间不应大于 10s。

3.3.8 灭火浸渍时间应符合下列规定:

- 1 木材、纸张、织物等固体表面火灾,宜采用 20min;
- 2 通讯机房、电子计算机房内的电气设备火灾,应采用 5min;
- 3 其他固体表面火灾,宜采用 10min;
- 4 气体和液体火灾,不应小于 1min。

3.3.9 七氟丙烷灭火系统应采用氮气增压输送。氮气的含水量不应大于 0.006%。

储存容器的增压压力宜分为三级,并应符合下列规定:

- 1 一级 2.5+0.1MPa(表压);
- 2 二级 4.2+0.1MPa(表压);
- 3 三级 5.6+0.1MPa(表压)。

3.3.10 七氟丙烷单位容积的充装量应符合下列规定:

- 1 一级增压储存容器,不应大于 1120kg/m³;
- 2 二级增压焊接结构储存容器,不应大于 950kg/m³;
- 3 二级增压无缝结构储存容器,不应大于 1120kg/m³;
- 4 三级增压储存容器,不应大于 1080kg/m³。

3.3.11 管网的管道内容积,不应大于流经该管网的七氟丙烷储存量体积的 80%。

3.3.12 管网布置宜设计为均衡系统,并应符合下列规定:

1 喷头设计流量应相等;

2 管网的第1分流点至各喷头的管道阻力损失,其相互间的最大差值不应大于20%。

3.3.13 防护区的泄压口面积,宜按下式计算:

$$F_x = 0.15 \frac{Q_x}{\sqrt{P_i}} \quad (3.3.13)$$

式中 F_x ——泄压口面积(m^2);

Q_x ——灭火剂在防护区的平均喷放速率(kg/s);

P_i ——围护结构承受内压的允许压强(Pa)。

3.3.14 灭火设计用量或惰化设计用量和系统灭火剂储存量,应符合下列规定:

1 防护区灭火设计用量或惰化设计用量,应按下式计算:

$$W = K \cdot \frac{V}{S} \cdot \frac{C_1}{(100 - C_1)} \quad (3.3.14-1)$$

式中 W ——灭火设计用量或惰化设计用量(kg);

C_1 ——灭火设计浓度或惰化设计浓度(%);

S ——灭火剂过热蒸气在101kPa大气压和防护区最低环境温度下的质量体积(m^3/kg);

V ——防护区净容积(m^3);

K ——海拔高度修正系数,可按本规范附录B的规定取值。

2 灭火剂过热蒸气在101kPa大气压和防护区最低环境温度下的质量体积,应按下式计算:

$$S = 0.1269 + 0.000513 \cdot T \quad (3.3.14-2)$$

式中 T ——防护区最低环境温度($^{\circ}C$)。

3 系统灭火剂储存量应按下式计算:

$$W_0 = W + \Delta W_1 + \Delta W_2 \quad (3.3.14-3)$$

式中 W_0 ——系统灭火剂储存量(kg);

ΔW_1 ——储存容器内的灭火剂剩余量(kg);

ΔW_2 ——管道内的灭火剂剩余量(kg)。

4 储存容器内的灭火剂剩余量,可按储存容器内引升管管口以下的容器容积量换算。

5 均衡管网和只含一个封闭空间的非均衡管网,其管网内的灭火剂剩余量均可不计。

防护区中含两个或两个以上封闭空间的非均衡管网,其管网内的灭火剂剩余量,可按各支管与最短支管之间长度差值的容积量计算。

3.3.15 管网计算应符合下列规定:

1 管网计算时,各管道中灭火剂的流量,宜采用平均设计流量。

2 主干管平均设计流量,应按下式计算:

$$Q_w = \frac{W}{t} \quad (3.3.15-1)$$

式中 Q_w ——主干管平均设计流量(kg/s);

t ——灭火剂设计喷放时间(s)。

3 支管平均设计流量,应按下式计算:

$$Q_g = \sum_1^{N_g} Q_c \quad (3.3.15-2)$$

式中 Q_g ——支管平均设计流量(kg/s);

N_g ——安装在计算支管下游的喷头数量(个);

Q_c ——单个喷头的设计流量(kg/s)。

4 管网阻力损失宜采用过程中点时储存容器内压力和平均设计流量进行计算。

5 过程中点时储存容器内压力,宜按下式计算:

$$P_m = \frac{P_0 V_0}{V_0 + \frac{W}{2\gamma} + V_p} \quad (3.3.15-3)$$

$$V_0 = n V_b \left(1 - \frac{\eta}{\gamma}\right) \quad (3.3.15-4)$$

式中 P_m ——过程中点时储存容器内压力(MPa,绝对压力);
 P_0 ——灭火剂储存容器增压压力(MPa,绝对压力);
 V_0 ——喷放前,全部储存容器内的气相总容积(m^3);
 γ ——七氟丙烷液体密度(kg/m^3),20℃时为 $1407kg/m^3$;
 V_p ——管网的管道内容积(m^3);
 n ——储存容器的数量(个);
 V_b ——储存容器的容量(m^3);
 η ——充装量(kg/m^3)。

6 管网的阻力损失应根据管道种类确定。当采用镀锌钢管时,其阻力损失可按下式计算:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{5.75 \times 10^5 Q^2}{\left(1.74 + 2 \times \lg \frac{D}{0.12}\right)^2 D^5} \quad (3.3.15-5)$$

式中 ΔP ——计算管段阻力损失(MPa);
 L ——管道计算长度(m),为计算管段中沿程长度与局部损失当量长度之和;
 Q ——管道设计流量(kg/s);
 D ——管道内径(mm)。

7 初选管径可按管道设计流量,参照下列公式计算:

当 $Q \leq 6.0kg/s$ 时,

$$D = (12 \sim 20) \sqrt{Q} \quad (3.3.15-6)$$

当 $6.0kg/s < Q < 160.0kg/s$ 时,

$$D = (8 \sim 16) \sqrt{Q} \quad (3.3.15-7)$$

8 喷头工作压力应按下式计算:

$$P_c = P_m - \sum_1^{N_d} \Delta P \pm P_h \quad (3.3.15-8)$$

式中 P_c ——喷头工作压力(MPa,绝对压力);

$\sum_1^{N_d} \Delta P$ ——系统流程阻力总损失(MPa);

N_d ——流程中计算管段的数量；

P_b ——高程压头(MPa)。

9 高程压头应按下式计算：

$$P_b = 10^{-6} \cdot \gamma H g \quad (3.3.15-9)$$

式中 H ——过程中点时，喷头高度相对储存容器内液面的位差(m)；

g ——重力加速度(m/s^2)。

3.3.16 七氟丙烷气体灭火系统的喷头工作压力的计算结果，应符合下列规定：

- 1 一级增压储存容器的系统 $P_c \geq 0.6$ (MPa, 绝对压力)；
二级增压储存容器的系统 $P_c \geq 0.7$ (MPa, 绝对压力)；
三级增压储存容器的系统 $P_c \geq 0.8$ (MPa, 绝对压力)。

- 2 $P_c \geq \frac{P_m}{2}$ (MPa, 绝对压力)。

3.3.17 喷头等效孔口面积应按下式计算：

$$F_c = \frac{Q_c}{q_c} \quad (3.3.17)$$

式中 F_c ——喷头等效孔口面积(cm^2)；

q_c ——等效孔口单位面积喷射率 [$kg/(s \cdot cm^2)$]，可按本规范附录 C 采用。

3.3.18 喷头的实际孔口面积，应经试验确定，喷头规格应符合本规范附录 D 的规定。

3.4 IG541 混合气体灭火系统

3.4.1 IG541 混合气体灭火系统的灭火设计浓度不应小于灭火浓度的 1.3 倍，惰化设计浓度不应小于灭火浓度的 1.1 倍。

3.4.2 固体表面火灾的灭火浓度为 28.1%，其他灭火浓度可按本规范附录 A 中表 A-3 的规定取值，惰化浓度可按本规范附录 A 中表 A-4 的规定取值。本规范附录 A 中未列出的，应经试验确定。

3.4.3 当 IG541 混合气体灭火剂喷放至设计用量的 95% 时,其喷放时间不应大于 60s,且不应小于 48s。

3.4.4 灭火浸渍时间应符合下列规定:

- 1 木材、纸张、织物等固体表面火灾,宜采用 20min;
- 2 通讯机房、电子计算机房内的电气设备火灾,宜采用 10min;
- 3 其他固体表面火灾,宜采用 10min。

3.4.5 储存容器充装量应符合下列规定:

- 1 一级充压(15.0MPa)系统,充装量应为 211.15kg/m³;
- 2 二级充压(20.0MPa)系统,充装量应为 281.06kg/m³。

3.4.6 防护区的泄压口面积,宜按下式计算:

$$F_x = 1.1 \frac{Q_x}{\sqrt{P_t}} \quad (3.4.6)$$

式中 F_x ——泄压口面积(m²);

Q_x ——灭火剂在防护区的平均喷放速率(kg/s);

P_t ——围护结构承受内压的允许压强(Pa)。

3.4.7 灭火设计用量或惰化设计用量和系统灭火剂储存量,应符合下列规定:

1 防护区灭火设计用量或惰化设计用量应按下式计算:

$$W = K \cdot \frac{V}{S} \cdot \ln\left(\frac{100}{100 - C_1}\right) \quad (3.4.7-1)$$

式中 W ——灭火设计用量或惰化设计用量(kg);

C_1 ——灭火设计浓度或惰化设计浓度(%);

V ——防护区净容积(m³);

S ——灭火剂气体在 101kPa 大气压和防护区最低环境温度下的质量体积(m³/kg);

K ——海拔高度修正系数,可按本规范附录 B 的规定取值。

2 灭火剂气体在 101kPa 大气压和防护区最低环境温度下的质量体积,应按下式计算:

$$S=0.6575+0.0024 \cdot T \quad (3.4.7-2)$$

式中 T ——防护区最低环境温度(°C)。

3 系统灭火剂储存量,应为防护区灭火设计用量及系统灭火剂剩余量之和,系统灭火剂剩余量应按下列式计算:

$$W_s \geq 2.7V_0 + 2.0V_p \quad (3.4.7-3)$$

式中 W_s ——系统灭火剂剩余量(kg);

V_0 ——系统全部储存容器的总容积(m³);

V_p ——管网的管道内容积(m³)。

3.4.8 管网计算应符合下列规定:

1 管道流量宜采用平均设计流量。

主干管、支管的平均设计流量,应按下列公式计算:

$$Q_w = \frac{0.95W}{t} \quad (3.4.8-1)$$

$$Q_g = \sum_1^{N_g} Q_c \quad (3.4.8-2)$$

式中 Q_w ——主干管平均设计流量(kg/s);

t ——灭火剂设计喷放时间(s);

Q_g ——支管平均设计流量(kg/s);

N_g ——安装在计算支管下游的喷头数量(个);

Q_c ——单个喷头的设计流量(kg/s)。

2 管道内径宜按下式计算:

$$D = (24 \sim 36) \sqrt{Q} \quad (3.4.8-3)$$

式中 D ——管道内径(mm);

Q ——管道设计流量(kg/s)。

3 灭火剂释放时,管网应进行减压。减压装置宜采用减压孔板。减压孔板宜设在系统的源头或干管入口处。

4 减压孔板前的压力,应按下列式计算:

$$P_1 = P_0 \left(\frac{0.525V_0}{V_0 + V_1 + 0.4V_2} \right)^{1.45} \quad (3.4.8-4)$$

式中 P_1 ——减压孔板前的压力(MPa,绝对压力);
 P_0 ——灭火剂储存容器充压压力(MPa,绝对压力);
 V_0 ——系统全部储存容器的总容积(m^3);
 V_1 ——减压孔板前管网管道容积(m^3);
 V_2 ——减压孔板后管网管道容积(m^3)。

5 减压孔板后的压力,应按下式计算:

$$P_2 = \delta \cdot P_1 \quad (3.4.8-5)$$

式中 P_2 ——减压孔板后的压力(MPa,绝对压力);
 δ ——落压比(临界落压比: $\delta = 0.52$)。一级充压(15.0MPa)的系统,可在 $\delta = 0.52 \sim 0.60$ 中选用;
 二级充压(20.0MPa)的系统,可在 $\delta = 0.52 \sim 0.55$ 中选用。

6 减压孔板孔口面积,宜按下式计算:

$$F_k = \frac{Q_k}{0.95\mu_k P_1 \sqrt{\delta^{1.38} - \delta^{1.69}}} \quad (3.4.8-6)$$

式中 F_k ——减压孔板孔口面积(cm^2);
 Q_k ——减压孔板设计流量(kg/s);
 μ_k ——减压孔板流量系数。

7 系统的阻力损失宜从减压孔板后算起,并按下式计算,压力系数和密度系数,可依据计算点压力按本规范附录 E 确定。

$$Y_2 = Y_1 + \frac{L \cdot Q^2}{0.242 \times 10^{-8} \cdot D^{5.25}} + \frac{1.653 \times 10^7}{D^4} \cdot (Z_2 - Z_1) Q^2 \quad (3.4.8-7)$$

式中 Q ——管道设计流量(kg/s);
 L ——管道计算长度(m);
 D ——管道内径(mm);
 Y_1 ——计算管段始端压力系数($10^{-1} MPa \cdot kg/m^3$);
 Y_2 ——计算管段末端压力系数($10^{-1} MPa \cdot kg/m^3$);
 Z_1 ——计算管段始端密度系数;

Z_2 ——计算管段末端密度系数。

3.4.9 IG541 混合气体灭火系统的喷头工作压力的计算结果,应符合下列规定:

- 1 一级充压(15.0MPa)系统, $P_c \geq 2.0$ (MPa, 绝对压力);
- 2 二级充压(20.0MPa)系统, $P_c \geq 2.1$ (MPa, 绝对压力)。

3.4.10 喷头等效孔口面积,应按下列式计算:

$$F_c = \frac{Q_c}{q_c} \quad (3.4.10)$$

式中 F_c ——喷头等效孔口面积(cm^2);

q_c ——等效孔口单位面积喷射率 [$\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2)$],可按本规范附录 F 采用。

3.4.11 喷头的实际孔口面积,应经试验确定,喷头规格应符合本规范附录 D 的规定。

3.5 热气溶胶预制灭火系统

3.5.1 热气溶胶预制灭火系统的灭火设计密度不应小于灭火密度的 1.3 倍。

3.5.2 S 型和 K 型热气溶胶灭固体表面火灾的灭火密度为 $100\text{g}/\text{m}^3$ 。

3.5.3 通讯机房和电子计算机房等场所的电气设备火灾, S 型热气溶胶的灭火设计密度不应小于 $130\text{g}/\text{m}^3$ 。

3.5.4 电缆隧道(夹层、井)及自备发电机房火灾, S 型和 K 型热气溶胶的灭火设计密度不应小于 $140\text{g}/\text{m}^3$ 。

3.5.5 在通讯机房、电子计算机房等防护区,灭火剂喷放时间不应大于 90s, 喷口温度不应大于 150°C ; 在其他防护区, 喷放时间不应大于 120s, 喷口温度不应大于 180°C 。

3.5.6 S 型和 K 型热气溶胶对其他可燃物的灭火密度应经试验确定。

3.5.7 其他型热气溶胶的灭火密度应经试验确定。

3.5.8 灭火浸渍时间应符合下列规定:

1 木材、纸张、织物等固体表面火灾,应采用 20min;

2 通讯机房、电子计算机房等防护区火灾及其他固体表面火灾,应采用 10min。

3.5.9 灭火设计用量应按下式计算:

$$W=C_2 \cdot K_v \cdot V \quad (3.5.9)$$

式中 W ——灭火设计用量(kg);

C_2 ——灭火设计密度(kg/m³);

V ——防护区净容积(m³);

K_v ——容积修正系数。 $V < 500\text{m}^3$, $K_v = 1.0$; $500\text{m}^3 \leq V < 1000\text{m}^3$, $K_v = 1.1$; $V \geq 1000\text{m}^3$, $K_v = 1.2$ 。

4 系统组件

4.1 一般规定

4.1.1 储存装置应符合下列规定：

1 管网系统的储存装置应由储存容器、容器阀和集流管等组成；七氟丙烷和 IG541 预制灭火系统的储存装置，应由储存容器、容器阀等组成；热气溶胶预制灭火系统的储存装置应由发生剂罐、引发器和保护箱(壳)体等组成；

2 容器阀和集流管之间应采用挠性连接。储存容器和集流管应采用支架固定；

3 储存装置上应设耐久的固定铭牌，并应标明每个容器的编号、容积、皮重、灭火剂名称、充装量、充装日期和充压压力等；

4 管网灭火系统的储存装置宜设在专用储瓶间内。储瓶间宜靠近防护区，并应符合建筑物耐火等级不低于二级的有关规定及有关压力容器存放的规定，且应有直接通向室外或疏散走道的出口。储瓶间和设置预制灭火系统的防护区的环境温度应为 $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；

5 储存装置的布置，应便于操作、维修及避免阳光照射。操作面距墙面或两操作面之间的距离，不宜小于 1.0m ，且不应小于储存容器外径的 1.5 倍。

4.1.2 储存容器、驱动气体储瓶的设计与使用应符合国家现行《气瓶安全监察规程》及《压力容器安全技术监察规程》的规定。

4.1.3 储存装置的储存容器与其他组件的公称工作压力，不应小于在最高环境温度下所承受的工作压力。

4.1.4 在储存容器或容器阀上，应设安全泄压装置和压力表。组合分配系统的集流管，应设安全泄压装置。安全泄压装置的动作

压力,应符合相应气体灭火系统的设计规定。

4.1.5 在通向每个防护区的灭火系统主管道上,应设压力讯号器或流量讯号器。

4.1.6 组合分配系统中的每个防护区应设置控制灭火剂流向的选择阀,其公称直径应与该防护区灭火系统的主管道公称直径相等。

选择阀的位置应靠近储存容器且便于操作。选择阀应设有标明其工作防护区的永久性铭牌。

4.1.7 喷头应有型号、规格的永久性标识。设置在有粉尘、油雾等防护区的喷头,应有防护装置。

4.1.8 喷头的布置应满足喷放后气体灭火剂在防护区内均匀分布的要求。当保护对象属可燃液体时,喷头射流方向不应朝向液体表面。

4.1.9 管道及管道附件应符合下列规定:

1 输送气体灭火剂的管道应采用无缝钢管。其质量应符合现行国家标准《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163、《高压锅炉用无缝钢管》GB 5310 等的规定。无缝钢管内外应进行防腐处理,防腐处理宜采用符合环保要求的方式;

2 输送气体灭火剂的管道安装在腐蚀性较大的环境里,宜采用不锈钢管。其质量应符合现行国家标准《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976 的规定;

3 输送启动气体的管道,宜采用铜管,其质量应符合现行国家标准《控制铜管》GB 1527 的规定;

4 管道的连接,当公称直径小于或等于 80mm 时,宜采用螺纹连接;大于 80mm 时,宜采用法兰连接。钢制管道附件应内外防腐处理,防腐处理宜采用符合环保要求的方式。使用在腐蚀性较大的环境里,应采用不锈钢的管道附件。

4.1.10 系统组件与管道的公称工作压力,不应小于在最高环境温度下所承受的工作压力。

4.1.11 系统组件的特性参数应由国家法定检测机构验证或测定。

4.2 七氟丙烷灭火系统组件专用要求

4.2.1 储存容器或容器阀以及组合分配系统集流管上的安全泄压装置的动作压力,应符合下列规定:

1 储存容器增压压力为 2.5MPa 时,应为 5.0 ± 0.25 MPa (表压);

2 储存容器增压压力为 4.2MPa,最大充装量为 $950\text{kg}/\text{m}^3$ 时,应为 7.0 ± 0.35 MPa(表压);最大充装量为 $1120\text{kg}/\text{m}^3$ 时,应为 8.4 ± 0.42 MPa(表压);

3 储存容器增压压力为 5.6MPa 时,应为 10.0 ± 0.50 MPa (表压)。

4.2.2 增压压力为 2.5MPa 的储存容器宜采用焊接容器;增压压力为 4.2MPa 的储存容器,可采用焊接容器或无缝容器;增压压力为 5.6MPa 的储存容器,应采用无缝容器。

4.2.3 在容器阀和集流管之间的管道上应设单向阀。

4.3 IG541 混合气体灭火系统组件专用要求

4.3.1 储存容器或容器阀以及组合分配系统集流管上的安全泄压装置的动作压力,应符合下列规定:

1 一级充压(15.0MPa)系统,应为 20.7 ± 1.0 MPa(表压);

2 二级充压(20.0MPa)系统,应为 27.6 ± 1.4 MPa(表压)。

4.3.2 储存容器应采用无缝容器。

4.4 热气溶胶预制灭火系统组件专用要求

4.4.1 一台以上灭火装置之间的电启动线路应采用串联连接。

4.4.2 每台灭火装置均应具备启动反馈功能。

5 操作与控制

5.0.1 采用气体灭火系统的防护区,应设置火灾自动报警系统,其设计应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116的规定,并应选用灵敏度级别高的火灾探测器。

5.0.2 管网灭火系统应设自动控制、手动控制和机械应急操作三种启动方式。预制灭火系统应设自动控制和手动控制两种启动方式。

5.0.3 采用自动控制启动方式时,根据人员安全撤离防护区的需要,应有不大于 30s 的可控延迟喷射;对于平时无人工作的防护区,可设置为无延迟的喷射。

5.0.4 灭火设计浓度或实际使用浓度大于无毒性反应浓度(NOEL浓度)的防护区和采用热气溶胶预制灭火系统的防护区,应设手动与自动控制的转换装置。当人员进入防护区时,应能将灭火系统转换为手动控制方式;当人员离开时,应能恢复为自动控制方式。防护区内外应设手动、自动控制状态的显示装置。

5.0.5 自动控制装置应在接到两个独立的火灾信号后才能启动。手动控制装置和手动与自动转换装置应设在防护区疏散出口的门外便于操作的地方,安装高度为中心点距地面 1.5m。机械应急操作装置应设在储瓶间内或防护区疏散出口门外便于操作的地方。

5.0.6 气体灭火系统的操作与控制,应包括对开口封闭装置、通风机械和防火阀等设备的联动操作与控制。

5.0.7 设有消防控制室的场所,各防护区灭火控制系统的有关信息,应传送给消防控制室。

5.0.8 气体灭火系统的电源,应符合国家现行有关消防技术标准的规定;采用气动力源时,应保证系统操作和控制需要的压力和

气量。

5.0.9 组合分配系统启动时,选择阀应在容器阀开启前或同时打开。

6 安全要求

- 6.0.1 防护区应有保证人员在 30s 内疏散完毕的通道和出口。
- 6.0.2 防护区内的疏散通道及出口,应设应急照明与疏散指示标志。防护区内应设火灾声报警器,必要时,可增设闪光报警器。防护区的入口处应设火灾声、光报警器和灭火剂喷放指示灯,以及防护区采用的相应气体灭火系统的永久性标志牌。灭火剂喷放指示灯信号,应保持到防护区通风换气后,以手动方式解除。
- 6.0.3 防护区的门应向疏散方向开启,并能自行关闭;用于疏散的门必须能从防护区内打开。
- 6.0.4 灭火后的防护区应通风换气,地下防护区和无窗或设固定窗扇的地上防护区,应设置机械排风装置,排风口宜设在防护区的下部并应直通室外。通信机房、电子计算机房等场所的通风换气次数应不少于每小时 5 次。
- 6.0.5 储瓶间的门应向外开启,储瓶间内应设应急照明;储瓶间应有良好的通风条件,地下储瓶间应设机械排风装置,排风口应设在下部,可通过排风管排出室外。
- 6.0.6 经过有爆炸危险和变电、配电场所的管网,以及布设在以上场所的金属箱体等,应设防静电接地。
- 6.0.7 有人工作防护区的灭火设计浓度或实际使用浓度,不应大于有毒性反应浓度(LOAEL 浓度),该值应符合本规范附录 G 的规定。
- 6.0.8 防护区内设置的预制灭火系统的充压压力不应大于 2.5 MPa。
- 6.0.9 灭火系统的手动控制与应急操作应有防止误操作的警示显示与措施。
- 6.0.10 热气溶胶灭火系统装置的喷口前 1.0m 内,装置的背面、侧面、顶部 0.2m 内不应设置或存放设备、器具等。
- 6.0.11 设有气体灭火系统的场所,宜配置空气呼吸器。

附录 A 灭火浓度和惰化浓度

七氟丙烷、IG541 的灭火浓度及惰化浓度见表 A-1~表 A-4。

表 A-1 七氟丙烷灭火浓度

可燃物	灭火浓度(%)	可燃物	灭火浓度(%)
甲烷	6.2	异丙醇	7.3
乙烷	7.5	丁醇	7.1
丙烷	6.3	甲乙酮	6.7
庚烷	5.8	甲基异丁酮	6.6
正庚烷	6.5	丙酮	6.5
硝基甲烷	10.1	环戊酮	6.7
甲苯	5.1	四氢呋喃	7.2
二甲苯	5.3	吗啉	7.3
乙腈	3.7	汽油(无铅,7.8%乙醇)	6.5
乙基醋酸酯	5.6	航空燃料汽油	6.7
丁基醋酸酯	6.6	2号柴油	6.7
甲醇	9.9	喷气式发动机燃料(-4)	6.6
乙醇	7.6	喷气式发动机燃料(-5)	6.6
乙二醇	7.8	变压器油	6.9

表 A-2 七氟丙烷惰化浓度

可燃物	惰化浓度(%)
甲烷	8.0
二氯甲烷	3.5
1,1-二氟乙烷	8.6
1-氯-1,1-二氟乙烷	2.6
丙烷	11.6
1-丁烷	11.3
戊烷	11.6
乙烯氧化物	13.6

表 A-3 IG541 混合气体灭火浓度

可燃物	灭火浓度(%)	可燃物	灭火浓度(%)
甲烷	15.4	丙酮	30.3
乙烷	29.5	丁酮	35.8
丙烷	32.3	甲基异丁酮	32.3
戊烷	37.2	环己酮	42.1
庚烷	31.1	甲醇	44.2
正庚烷	31.0	乙醇	35.0
辛烷	35.8	1-丁醇	37.2
乙烯	42.1	异丁醇	28.3
醋酸乙烯酯	34.4	普通汽油	35.8
醋酸乙酯	32.7	航空汽油 100	29.5
二乙醚	34.9	Avtur(Jet A)	36.2
石油醚	35.0	2号柴油	35.8
甲苯	25.0	真空泵油	32.0
乙腈	26.7		

表 A-4 IG541 混合气体惰化浓度

可燃物	惰化浓度(%)
甲烷	43.0
丙烷	49.0

附录 B 海拔高度修正系数

海拔高度修正系数见表 B。

表 B 海拔高度修正系数

海拔高度(m)	修正系数
-1000	1.130
0	1.000
1000	0.885
1500	0.830
2000	0.785
2500	0.735
3000	0.690
3500	0.650
4000	0.610
4500	0.565

附录 C 七氟丙烷灭火系统喷头等效孔口 单位面积喷射率

七氟丙烷灭火系统喷头等效孔口单位面积喷射率见表 C-1～
表 C-3。

**表 C-1 增压压力为 2.5MPa(表压)时七氟丙烷灭火系统喷头
等效孔口单位面积喷射率**

喷头入口压力 (MPa,绝对压力)	喷射率 [kg/(s·cm ²)]	喷头入口压力 (MPa,绝对压力)	喷射率 [kg/(s·cm ²)]
2.1	4.67	1.3	2.86
2.0	4.48	1.2	2.58
1.9	4.28	1.1	2.28
1.8	4.07	1.0	1.98
1.7	3.85	0.9	1.66
1.6	3.62	0.8	1.32
1.5	3.38	0.7	0.97
1.4	3.13	0.6	0.62

注:等效孔口流量系数为 0.98。

**表 C-2 增压压力为 4.2MPa(表压)时七氟丙烷灭火系统喷头
等效孔口单位面积喷射率**

喷头入口压力 (MPa,绝对压力)	喷射率 [kg/(s·cm ²)]	喷头入口压力 (MPa,绝对压力)	喷射率 [kg/(s·cm ²)]
3.4	6.04	1.6	3.50
3.2	5.83	1.4	3.05
3.0	5.61	1.3	2.80
2.8	5.37	1.2	2.50
2.6	5.12	1.1	2.20
2.4	4.85	1.0	1.93
2.2	4.55	0.9	1.62
2.0	4.25	0.8	1.27
1.8	3.90	0.7	0.90

注:等效孔口流量系数为 0.98。

表 C-3 增压压力为 5.6MPa(表压)时七氟丙烷灭火系统喷头
等效孔口单位面积喷射率

喷头入口压力 (MPa,绝对压力)	喷射率 [kg/(s·cm ²)]	喷头入口压力 (MPa,绝对压力)	喷射率 [kg/(s·cm ²)]
4.5	6.49	2.0	4.16
4.2	6.39	1.8	3.78
3.9	6.25	1.6	3.34
3.6	6.10	1.4	2.81
3.3	5.89	1.3	2.50
3.0	5.59	1.2	2.15
2.8	5.36	1.1	1.78
2.6	5.10	1.0	1.35
2.4	4.81	0.9	0.88
2.2	4.50	0.8	0.40

注:等效孔口流量系数为 0.98。

附录 D 喷头规格和等效孔口面积

喷头规格和等效孔口面积见表 D。

表 D 喷头规格和等效孔口面积

喷头规格代号	等效孔口面积(cm^2)
8	0.3168
9	0.4006
10	0.4948
11	0.5987
12	0.7129
14	0.9697
16	1.267
18	1.603
20	1.979
22	2.395
24	2.850
26	3.345
28	3.879

注:扩充喷头规格,应以等效孔口的单孔直径 0.79375mm 的倍数设置。

附录 E IG541 混合气体灭火系统管道 压力系数和密度系数

IG541 混合气体灭火系统管道压力系数和密度系数见表 E-1、表 E-2。

**表 E-1 一级充压(15.0MPa)IG541 混合气体灭火系统的
管道压力系数和密度系数**

压力(MPa,绝对压力)	$Y(10^{-1} \text{MPa} \cdot \text{kg}/\text{m}^3)$	Z
3.7	0	0
3.6	61	0.0366
3.5	120	0.0746
3.4	177	0.114
3.3	232	0.153
3.2	284	0.194
3.1	335	0.237
3.0	383	0.277
2.9	429	0.319
2.8	474	0.363
2.7	516	0.409
2.6	557	0.457
2.5	596	0.505
2.4	633	0.552
2.3	668	0.601
2.2	702	0.653
2.1	734	0.708
2.0	764	0.766

表 E-2 二级充压(20.0MPa)IG541 混合气体灭火系统的
管道压力系数和密度系数

压力(MPa,绝对压力)	$Y(10^{-1}\text{MPa} \cdot \text{kg}/\text{m}^3)$	Z
4.6	0	0
4.5	75	0.0284
4.4	148	0.0561
4.3	219	0.0862
4.2	288	0.114
4.1	355	0.144
4.0	420	0.174
3.9	483	0.206
3.8	544	0.236
3.7	604	0.269
3.6	661	0.301
3.5	717	0.336
3.4	770	0.370
3.3	822	0.405
3.2	872	0.439
3.08	930	0.483
2.94	995	0.539
2.8	1056	0.595
2.66	1114	0.652
2.52	1169	0.713
2.38	1221	0.778
2.24	1269	0.847
2.1	1314	0.918

附录 F IG541 混合气体灭火系统喷头 等效孔口单位面积喷射率

IG541 混合气体灭火系统喷头等效孔口单位面积喷射率见表 F-1、表 F-2。

**表 F-1 一级充压(15.0MPa)IG541 混合气体灭火系统喷头
等效孔口单位面积喷射率**

喷头入口压力(MPa,绝对压力)	喷射率[$\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2)$]
3.7	0.97
3.6	0.94
3.5	0.91
3.4	0.88
3.3	0.85
3.2	0.82
3.1	0.79
3.0	0.76
2.9	0.73
2.8	0.70
2.7	0.67
2.6	0.64
2.5	0.62
2.4	0.59
2.3	0.56
2.2	0.53
2.1	0.51
2.0	0.48

注：等效孔口流量系数为 0.98。

表 F-2 二级充压(20.0MPa)IG541 混合气体灭火系统喷头
等效孔口单位面积喷射率

喷头入口压力(MPa,绝对压力)	喷射率[kg/(s·cm ²)]
4.6	1.21
4.5	1.18
4.4	1.15
4.3	1.12
4.2	1.09
4.1	1.06
4.0	1.03
3.9	1.00
3.8	0.97
3.7	0.95
3.6	0.92
3.5	0.89
3.4	0.86
3.3	0.83
3.2	0.80
3.08	0.77
2.94	0.73
2.8	0.69
2.66	0.65
2.52	0.62
2.38	0.58
2.24	0.54
2.1	0.50

注:等效孔口流量系数为 0.98。

附录 G 无毒性反应(NOAEI)、有毒性反应 (LOAEI)浓度和灭火剂技术性能

无毒性反应(NOAEI)、有毒性反应(LOAEI)浓度和灭火剂技术性能见表 G-1~表 G-3。

表 G-1 七氟丙烷和 IG541 的 NOAEI、LOAEI 浓度

项 目	七氟丙烷	IG541
NOAEI 浓度	9.0%	43%
LOAEI 浓度	10.5%	52%

表 G-2 七氟丙烷灭火剂技术性能

项 目	技术 指 标
纯度	≥99.6%(质量比)
酸度	≤3ppm(质量比)
水含量	≤10ppm(质量比)
不挥发残留物	≤0.01%(质量比)
悬浮或沉淀物	不可见

表 G-3 IG541 混合气体灭火剂技术性能

灭火剂名称		主要技术指标			
		纯度(体积比)	比例(%)	氧含量	水含量
IG541	Ar	>99.97%	40±4	<3ppm	<4ppm
	N ₂	>99.99%	52±4	<3ppm	<5ppm
	CO ₂	>99.5%	8 ± _{0.0} ^{1.0}	<10ppm	<10ppm
灭火剂名称		其他成分最大含量(ppm)		悬浮物或沉淀物	
IG541	Ar	<10		—	
	N ₂				
	CO ₂				

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

气体灭火系统设计规范

GB 50370 - 2005

条文说明

目 次

1	总 则	(41)
2	术语和符号	(44)
2.1	术语	(44)
3	设计要求	(46)
3.1	一般规定	(46)
3.2	系统设置	(48)
3.3	七氟丙烷灭火系统	(51)
3.4	IG541 混合气体灭火系统	(67)
3.5	热气溶胶预制灭火系统	(74)
4	系统组件	(76)
4.1	一般规定	(76)
5	操作与控制	(78)
6	安全要求	(80)

1 总 则

1.0.1 本条阐述了编制本规范的目的。

气体灭火系统是传统的四大固定式灭火系统(水、气体、泡沫、干粉)之一,应用广泛。近年来,为保护大气臭氧层,维护人类生态环境,国内外消防界已开发出多种替代哈龙 1201、1301 的气体灭火剂及哈龙替代气体灭火系统。本规范的制定,旨在为气体灭火系统的设计工作提供技术依据,推动哈龙替代技术的发展,保护人身和财产安全。

1.0.2 本规范属于工程建设规范标准中的一个组成部分,其任务是解决工业和民用建筑中的新建、改建、扩建工程里有关设置气体全淹没灭火系统的消防设计问题。

气体灭火系统的设置部位,应根据国家标准《建筑设计防火规范》、《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045 等其他有关国家标准的规定及消防监督部门针对保护场所的火灾特点、财产价值、重要程度等所做的有关要求来确定。

当今,国际上已开发出化学合成类及惰性气体类等多种替代哈龙的气体灭火剂。其中七氟丙烷及 IG541 混合气体灭火剂在我国哈龙替代气体灭火系统中应用较广,且已应用多年,有较好的效果,积累了一定经验。七氟丙烷是目前替代物中效果较好的产品。其对臭氧层的耗损潜能值 $ODP=0$,温室效应潜能值 $GWP=0.6$,大气中存留寿命 $ALT=31$ 年,灭火剂无毒性反应浓度 $NOAEL=9\%$,灭火设计基本浓度 $C=8\%$;具有良好的清洁性(在大气中完全汽化不留残渣)、良好的气相电绝缘性及良好的适用于灭火系统使用的物理性能。20 世纪 90 年代初,工业发达国家首先选用其替代哈龙灭火系统并取得成功。IG541 混合气体灭火剂

由 N_2 、Ar、 CO_2 三种惰性气体按一定比例混合而成,其 ODP=0,使用后以其原有成分回归自然,灭火设计浓度一般在 37%~43% 之间,在此浓度内人员短时间停留不会造成生理影响。系统压源高,管网可布置较远。1994 年 1 月,美国消防学会率先制定出《洁净气体灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001,2000 年,国际标准化组织(ISO)发布了国际标准《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520。应用实践表明,七氟丙烷灭火系统和 IG541 混合气体灭火系统均能有效地达到预期的保护目的。

热气溶胶灭火技术是由我国消防科研人员于 20 世纪 60 年代首先提出的,自 90 年代中期始,热气溶胶产品作为哈龙替代技术的重要组成部分在我国得到了大量使用。基于以下考虑,将热气溶胶预制灭火系统列入本规范:

1 热气溶胶中 60% 以上是由 N_2 等气体组成,其中含有的固体微粒的平均粒径极小(小于 $1\mu m$),并具有气体的特性(不易降落、可以绕过障碍物等),故在工程应用上可以把热气溶胶当做气体灭火剂使用。

2 十余年来,热气溶胶技术历经改进已趋成熟。但是,由于国内外各厂家采用的化学配方不同,气溶胶的性质也不尽相同,故一直难以进行规范。2004 年 6 月,公安部发布了公共安全行业标准《气溶胶灭火系统 第 1 部分:热气溶胶灭火装置》GA 499.1—2004,在该标准中,按热气溶胶发生剂的化学配方将热气溶胶分为 K 型、S 型、其他型三类,从而为热气溶胶设计规范的制定提供了基本条件(该标准有关专利的声明见 GA 499.1—2004 第 1 号修改单);同时,大量的研究成果,工程实践实例和一批地方设计标准的颁布实施也为国家标准的制定提供了可靠的技术依据。

3 美国环保局(EPA)哈龙替代物管理署(SNAP)已正式批准热气溶胶为重要的哈龙替代品。国际标准化组织也于 2005 年初将气溶胶灭火系统纳入《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 的修订内容中。

本规范目前将上述三种气体灭火系统列入。其他种类的气体灭火系统,如三氟甲烷、六氟丙烷等,若确实需要并待时机成熟,也可考虑分阶段列入。二氧化碳等气体灭火系统仍执行现有的国家标准,由于本规范中只规定了全淹没灭火系统的设计要求和方法,故本规范的规定不适用于局部应用灭火系统的设计,因二者有着完全不同的技术内涵,特别需要指出的是:二氧化碳灭火系统是目前唯一可进行局部应用的气体灭火系统。

1.0.3 本条规定了根据国家政策进行工程建设应遵守的基本原则。“安全可靠”,是以安全为本,要求必须保证达到预期目的;“技术先进”,则要求火灾报警、灭火控制及灭火系统设计科学,采用设备先进、成熟;“经济合理”,则是在保证安全可靠、技术先进的前提下,做到节省工程投资费用。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.7 由于热气溶胶在实施灭火喷放前以固体的气溶胶发生剂形式存在,且热气溶胶的灭火浓度确实难以直接准确测量,故以扑灭单位容积内某种火灾所需固体热气溶胶发生剂的质量来间接表述热气溶胶的灭火浓度。

2.1.11 “过程中点”的概念,是参照《卤代烷 1211 灭火系统设计规范》GBJ 110—87 条文说明中有关“中期状态”的概念提出的,其涵义基本一致。但由于灭火剂喷放 50% 的状态仅为一瞬时(时间点),而不是一个时期,故“过程中点”的概念比“中期状态”的概念更为准确。

2.1.14 依据公安部发布的公共安全行业标准《气溶胶灭火系统 第 1 部分:热气溶胶灭火装置》GA 499.1—2004,对 S 型热气溶胶、K 型热气溶胶和其他型热气溶胶定义如下:

1 S 型热气溶胶(Type S condensed fire extinguishing aerosol)。

由含有硝酸锶[$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$]和硝酸钾(KNO_3)复合氧化剂的固体气溶胶发生剂经化学反应所产生的灭火气溶胶。其中复合氧化剂的组成(按质量百分比)硝酸锶为 35%~50%,硝酸钾为 10%~20%。

2 K 型热气溶胶(Type K condensed fire extinguishing aerosol)。

由以硝酸钾为主氧化剂的固体气溶胶发生剂经化学反应所产生的灭火气溶胶。固体气溶胶发生剂中硝酸钾的含量(按质量百分比)不小于 30%。

3 其他型热气溶胶(Other types condensed fire extinguishing aerosol)。

非 K 型和 S 型热气溶胶。

3 设计要求

3.1 一般规定

3.1.4 我国是一个发展中国家,搞经济建设应厉行节约,故按照本规范总则中所规定的“经济合理”的原则,对两个或两个以上的防护区,可采用组合分配系统。对于特别重要的场所,在经济条件允许的情况下,可考虑采用单元独立系统。

组合分配系统能减少设备用量及设备占地面积,节省工程投资费用。但是,一个组合分配系统包含的防护区不能太多、太分散。因为各个被组合进来的防护区的灭火系统设计,都必须分别满足各自系统设计的技术要求,而这些要求必然限制了防护区分散程度和防护区的数量,并且,组合多了还应考虑火灾发生几率的问题。此外,灭火设计用量较小且与组合分配系统的设置用量相差太悬殊的防护区,不宜参加组合。

3.1.5 设置组合分配系统的设计原则:对被组合的防护区只按一次火灾考虑;不存在防护区之间火灾蔓延的条件,即可对它们实行共同防护。

共同防护的涵义,是指被组合的任一防护区里发生火灾,都能实行灭火并达到灭火要求。那么,组合分配系统灭火剂的储存量,按其中所需的系统储存量最大的一个防护区的储存量来确定。但须指出,单纯防护区面积、体积最大,或是采用灭火设计浓度最大,其系统储存量不一定最大。

3.1.7 灭火剂的泄漏以及储存容器的检修,还有喷放灭火后的善后和恢复工作,都将会中断对防护区的保护。由于气体灭火系统的防护区一般都为重要场所,由它保护而意外造成中断的时间不允许太长,故规定 72 小时内不能够恢复工作状态的,就应设备用

储存容器和灭火剂备用量。

本条规定备用量应按系统原储存量的 100% 确定,是按扑救第二次火灾需要来考虑的;同时参照了德国标准《固定式卤代烷灭火剂灭火设备》DIN 14496 的规定。

一般来说,依据我国现有情况,绝大多数地方 3 天内都能够完成重新充装和检修工作。在重新恢复工作状态前,要安排好临时保护措施。

3.1.8 在系统设计和管网计算时,必然会涉及到一些技术参数。例如与灭火剂有关的气相液相密度、蒸气压力等,与系统有关的单位容积充装量、充压压力、流动特性、喷嘴特性、阻力损失等,它们无不与温度有着直接或间接的关系。因此采用同一的温度基准是必要的,国际上大都取 20℃ 为应用计算的基准,本规范中所列公式和数据(除另有指明者外,例如:应按防护区最低环境温度计算灭火设计用量)也是以该基准温度为前提条件的。

3.1.9 必要时,IG541 混合气体灭火系统储存容器的大小(容量)允许有差别,但充装压力应相同。

3.1.10 本条所做的规定,是为了尽量避免使用或少使用管道三通的设计,因其设计计算与实际在流量上存在的误差会带来较大的影响,在某些应用情况下它们可能会酿成不良后果(如在一防护区里包含一个以上封闭空间的情况)。所以,本条规定可设计两至三套管网以减少三通的使用。同时,如一防护区采用两套管网设计,还可使本应不均衡的系统变为均衡系统。对一些大防护区、大设计用量的系统来说,采用两套或三套管网设计,可减小管网管径,有利于管道设备的选用和保证管道设备的安全。

3.1.11 在管网上采用四通管件进行分流会影响分流的准确,造成实际分流与设计计算差异较大,故规定不应采用四通进行分流。

3.1.12 本条主要根据《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 标准中的规定,在标准的覆盖面积灭火试验里,在设定的试验条件下,对喷头的安装高度、覆盖面积、遮挡情况等做出了

各项规定;同时,也是参考了公安部天津消防研究所的气体喷头性能试验数据,以及国外知名厂家的产品性能来规定的。

在喷头喷射角一定的情况下,降低喷头安装高度,会减小喷头覆盖面积;并且,当喷头安装高度小于 1.5m 时,遮挡物对喷头覆盖面积影响加大,故喷头保护半径应随之减小。

3.1.14 本条规定,一个防护区设置的预制灭火系统装置数量不宜多于 10 台。这是考虑预制灭火系统在技术上和功能上还有不如固定式灭火系统的地方;同时,数量多了会增加失误的几率,故应在数量上对它加以限制。具体考虑到本规范对设置预制灭火系统防护区的规定和对喷头的各项性能要求等,认为限定为“不宜超过 10 台”为宜。

3.1.15 为确保有效地扑灭火灾,防护区内设置的多台预制灭火系统装置必须同时启动,其动作响应时间差也应有严格的要求,本条规定是经过多次相关试验所证实的。

3.1.16 实验证明,用单台灭火装置保护大于 160m^3 的防护区时,较远的区域内均有在规定时间内达不到灭火浓度的情况,所以本规范将单台灭火装置的保护容积限定在 160m^3 以内。也就是说,对一个容积大于 160m^3 的防护区即使设计一台装药量大的灭火装置能满足防护区设计灭火浓度或设计灭火密度要求,也要尽可能设计为两台装药量小一些的灭火装置,并均匀布置在防护区内。

3.2 系统设置

3.2.1、3.2.2 这两条内容等效采用《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 和《洁净气体灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001 标准的技术内涵;沿用了我国气体灭火系统国家标准,如《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》GB 50163—92 的表述方式。从广义上明确地规定了各类气体灭火剂可用来扑救的火灾与不能扑救的某些物质的火灾,即是对其应用范围进行了划定。

但是,从实际应用角度方面来说,人们愿意接受另外一种更实际的表述方式——气体灭火系统的典型应用场所或对象:

电器和电子设备;

通讯设备;

易燃、可燃的液体和气体;

其他高价值的财产和重要场所(部位)。

这些的确都是气体灭火系统的应用范围,而且是最适宜的。

凡固体类(含木材、纸张、塑料、电器等)火灾,本规范都指扑救表面火灾而言,所做的技术规定和给定的技术数据,都是在此前提下给出的;不仅是七氟丙烷和 IG541 混合气体灭火系统如此,凡卤代烷气体灭火系统,以及除二氧化碳灭火系统以外的其他混合气体灭火系统概无例外。也就是说,本规范的规定不适用于固体深位火灾。

对于 IG541 混合气体灭火系统,因其灭火效能较低,以及在高压喷放时可能导致可燃易燃液体飞溅及汽化,有造成火势扩大蔓延的危险,一般不提倡用于扑救主燃料为液体的火灾。

3.2.3 对于热气溶胶灭火系统,其灭火剂采用多元烟火药剂混合制得,从而有别于传统意义的气体灭火剂,特别是在灭火剂的配方选择上,各生产单位相差很大。制造工艺、配方选择不合理等因素均可导致发生严重的产品责任事故。在我国,曾先后发生过热气溶胶产品因误动作引起火灾、储存装置爆炸、喷放后损坏电器设备等多起严重事故,给人民生命财产造成了重大损失。因此,必须在科学、审慎的基础上对热气溶胶灭火技术的生产和应用进行严格的技术、生产和使用管理。多年的基础研究和应用性实验研究,特别是大量的工程实践例证证明:S型热气溶胶灭火系统用于扑救电气火灾后不会造成对电器及电子设备的二次损坏,故可用于扑救电气火灾;K型热气溶胶灭火系统喷放后的产物会对电器和电子设备造成损坏;对于其他型热气溶胶灭火系统,由于目前国内外既无相应的技术标准要求,也没有应用成熟的产品,本着“成熟一

项,纳入一项”的基本原则,本规范提出了对 K 型和其他型热气溶胶灭火系统产品在电气火灾中应用的限制规定。今后,若确有被理论和实践证明不会对电器和电子设备造成二次损坏的其他型热气溶胶产品出现时,本条款可进行有关内容的修改。当然,对于人员密集场所、有爆炸危险性的场所及有超净要求的场所(如制药、芯片加工等处),不应使用热气溶胶产品。

3.2.4 防护区的划分,是从有利于保证全淹没灭火系统实现灭火条件的要求方面提出来的。

不宜以两个或两个以上封闭空间划分防护区,即使它们所采用的灭火设计浓度相同,甚至有部分联通,也不宜那样去做。这是因为在极短的灭火剂喷放时间里,两个及两个以上空间难于实现灭火剂浓度的均匀分布,会延误灭火时间,或造成灭火失败。

对于含吊顶层或地板下的防护区,各层面相邻,管网分配方便,在设计计算上比较容易保证灭火剂的管网流量分配,为节省设备投资和工程费用,可考虑按一个防护区来设计,但需保证在设计计算上细致、精确。

对采用管网灭火系统的防护区的面积和容积的划定,是在国家标准《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》GB 50163—92 相关规定的基础上,通过有关的工程应用实践验证,根据实际需求而稍有扩大;对预制灭火系统,其防护区面积和容积的确定也是通过大量的工程应用实践而得出的。

3.2.5 当防护区的相邻区域设有水喷淋或其他灭火系统时,其隔墙或外墙上的门窗的耐火极限可低于 0.5h,但不应低于 0.25h。当吊顶层与工作层划为同一防护区时,吊顶的耐火极限不做要求。

3.2.6 该条等同采用了我国国家标准《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》GB 50163—92 的规定。

热气溶胶灭火剂在实施灭火时所产生的气体量比七氟丙烷和 IG541 要少 50% 以上,再加上喷放相对缓慢,不会造成防护区内压力急速明显上升,所以,当采用热气溶胶灭火系统时可以放宽对

围护结构承压的要求。

3.2.7 防护区需要开设泄压口,是因为气体灭火剂喷入防护区内,会显著地增加防护区的内压,如果没有适当的泄压口,防护区的围护结构将可能承受不起增长的压力而遭破坏。

有了泄压口,一定有灭火剂从此流失。在灭火设计用量公式中,对于喷放过程阶段内的流失量已经在设计用量中考虑;而灭火浸渍阶段内的流失量却没有包括。对于浸渍时间要求 10min 以上,而门、窗缝隙比较大,密封较差的防护区,其泄漏的补偿问题,可通过门风扇试验进行确定。

由于七氟丙烷灭火剂比空气重,为了减少灭火剂从泄压口流失,泄压口应开在防护区净高的 2/3 以上,即泄压口下沿不低于防护区净高的 2/3。

3.2.8 条文中泄压口“宜设在外墙上”,可理解为:防护区存在外墙的,就应该设在外墙上;防护区不存在外墙的,可考虑设在与走廊相隔的内墙上。

3.2.9 对防护区的封闭要求是全淹没灭火的必要技术条件,因此不允许除泄压口之外的开口存在;例如自动生产线上的工艺开口,也应做到在灭火时停止生产、自动关闭开口。

3.2.10 由于固体的气溶胶发生剂在启动、产生热气溶胶速率等方面受温度和压力的影响不显著,通常对使用热气溶胶的防护区环境温度可以放宽到不低于 -20°C 。但温度低于 0°C 时会使热气溶胶在防护区的扩散速度降低,此时要对热气溶胶的设计灭火密度进行必要的修正。

3.3 七氟丙烷灭火系统

3.3.1 灭火设计浓度不应小于灭火浓度的 1.3 倍及惰化设计浓度不应小于惰化浓度 1.1 倍的规定,是等同采用《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 及《洁净气体灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001 标准的规定。

有关可燃物的灭火浓度数据及惰化浓度数据,也是采用了《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 及《洁净气体灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001 标准的数据。

采用惰化设计浓度的,只是对有爆炸危险的气体和液体类的防护区火灾而言。即是说,无爆炸危险的气体、液体类的防护区,仍采用灭火设计浓度进行消防设计。

那么,如何认定有无爆炸危险呢?

首先,应从温度方面去检查。以防护区内存放的可燃、易燃液体或气体的闪点(闭口杯法)温度为标准,检查防护区的最高环境温度及这些物料的储存(或工作)温度,不高过闪点温度的,且防护区灭火后不存在永久性火源,而防护区又经常保持通风良好的,则认为无爆炸危险,可按灭火设计浓度进行设计。还需提请注意的是:对于扑救气体火灾,灭火前应做到切断气源。

当防护区最高环境温度或可燃、易燃液体的储存(或工作)温度高过其闪点(闭口杯法)温度时,可进一步再做检查:如果在该温度下,液体挥发形成的最大蒸气浓度小于它的燃烧下限浓度值的50%时,仍可考虑按无爆炸危险的灭火设计浓度进行设计。

如何在设计时确定被保护对象(可燃、易燃液体)的最大蒸气浓度是否会小于其燃烧下限浓度值的50%呢?这可转换为计算防护区内被保护对象的允许最大储存量,并可参考下式进行计算:

$$W_m = 2.38(C_L \cdot M/K)V$$

式中 W_m ——允许的最大储存量(kg);

C_L ——该液体(保护对象)蒸气在空气中燃烧的下限浓度(% , 体积比);

M ——该液体的分子量;

K ——防护区最高环境温度或该液体工作温度(按其中最大值,绝对温度);

V ——防护区净容积(m^3)。

3.3.3 本条规定了图书、档案、票据及文物资料等防护区的灭火

设计浓度宜采用 10%。首先应该说明,依据本规范第 3.2.1 条,七氟丙烷只适用于扑救固体表面火灾,因此上述规定的灭火设计浓度,是扑救表面火灾的灭火设计浓度,不可用该设计浓度去扑救这些防护区的深位火灾。

固体类可燃物大都有从表面火灾发展为深位火灾的危险;并且,在燃烧过程中表面火灾与深位火灾之间无明显的界面可以划分,是一个渐变的过程。为此,在灭火设计上,立足于扑救表面火灾,并顾及到浅度的深位火灾的危险;这也是制定卤代烷灭火系统设计标准时国内外一贯的做法。

如果单纯依据《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 标准所给出的七氟丙烷灭固体表面火灾的灭火浓度为 5.8% 的数据,而规定上述防护区的最低灭火设计浓度为 7.5%, 是不恰当的。因为那只是单纯的表面火灾灭火浓度,《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 标准所给出的这个数据,是以正庚烷为燃料的动态灭火试验为基础的,它当然是单纯的表面火灾,只能在热释放速率等方面某种程度上代表固体表面火灾,而对浅度的深位火灾的危险性,正庚烷火不可能准确体现。

本条规定了纸张类为主要可燃物防护区的灭火设计浓度,它们在固体类火灾中发生浅度深位火灾的危险,比之其他可能性更大。扑灭深位火灾的灭火浓度要远大于扑灭表面火灾的灭火浓度;且对于不同的灭火浸渍时间,它的灭火浓度会发生变化,浸渍时间长,则灭火浓度会低一些。

制定本条标准应以试验数据为基础,但七氟丙烷扑灭实际固体表面火灾的基本试验迄今未见国内外有相关报道,无法借鉴。所以只能借鉴以往国内外制定其他卤代烷灭火系统设计标准的有关数据,它们对上述保护对象,其灭火设计浓度约取灭火浓度的 1.7~2.0 倍,浸渍时间大都取 10min。故本条规定七氟丙烷在上述防护区的灭火设计浓度为 10%,是灭火浓度的 1.72 倍。

3.3.4 本条对油浸变压器室、带油开关的配电室和燃油发电机房

的七氟丙烷灭火设计浓度规定宜采用 9%，是依据《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 标准提供的相关灭火浓度数据，取安全系数约为 1.3 确定的。

3.3.5 通讯机房、计算机房中的陈设、存放物，主要是电子电器设备、电缆导线和磁盘、纸卡之类，以及桌椅办公器具等，它们应属固体表面火灾的保护。依据《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 标准的数据，固体表面火灾的七氟丙烷灭火浓度为 5.8%，最低灭火设计浓度可取 7.5%。但是，由于防护区内陈设、存放物多样，不能单纯按电子电器设备可燃物类考虑；即使同是电缆电线，也分塑胶与橡胶电缆电线，它们灭火难易不同。我国国家标准《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》GB 50163—92，对通讯机房、电子计算机房规定的卤代烷 1301 的灭火设计浓度为 5%，而固体表面火灾的卤代烷 1301 的灭火浓度为 3.8%，取的安全系数是 1.32；国外的情况，像美国，计算机房用卤代烷 1301 保护，一般都取 5.5% 的灭火设计浓度，安全系数为 1.45。

从另外一个角度来说，七氟丙烷与卤代烷 1301 比较，在火场上比卤代烷 1301 的分解产物多，其中主要成分是 HF，HF 对人体与精密设备是有伤害和浸蚀影响的，但据美国 Fessisa 的试验报告指出，提高七氟丙烷的灭火设计浓度，可以抑制分解产物的生成量，提高 20% 就可减少 50% 的生成量。

正是考虑上述情况，本规范确定七氟丙烷对通讯机房、电子计算机房的保护，采用灭火设计浓度为 8%，安全系数取的是 1.38。

3.3.6 本条所做规定，目的是限制随意增加灭火使用浓度，同时也为了保证应用时的人身安全和设备安全。

3.3.7 一般来说，采用卤代烷气体灭火的地方都是比较重要的场所，迅速扑灭火灾，减少火灾造成的损失，具有重要意义。因此，卤代烷灭火都规定灭初期火灾，这也正能发挥卤代烷灭火迅速的特点；否则，就会造成卤代烷灭火的困难。对于固体表面火灾，火灾预燃时间长了才实行灭火，有发展成深位火灾的危险，显然是很不

利于卤代烷灭火的；对于液体、气体火灾，火灾预燃时间长了，有可能酿成爆炸的危险，卤代烷灭火可能要从灭火设计浓度转换为惰化设计浓度。由此可见，采用卤代烷灭初期火灾，缩短灭火剂的喷放时间是非常重要的。故国际标准及国外一些工业发达国家的标准，都将卤代烷的喷放时间规定不应大于 10s。

另外，七氟丙烷遇热时比卤代烷 1301 的分解产物要多出很多，其中主要成分是 HF，它对人体是有伤害的；与空气中的水蒸气结合形成氢氟酸，还会造成对精密设备的浸蚀损害。根据美国 Fessisa 的试验报告，缩短卤代烷在火场的喷放时间，从 10s 缩短为 5s，分解产物减少将近一半。

为有效防止灭火时 HF 对通讯机房、电子计算机房等防护区的损害，宜将七氟丙烷的喷放时间从一般的 10s 缩短一些，故本条中规定为 8s。这样的喷放时间经试验论证，一般是可以做到的，在一些工业发达国家里也是被提倡的。当然，这会增加系统设计和产品设计上的难度，尤其是对于那些离储瓶间远的防护区和组合分配系统中的个别防护区，它们的难度会大一些。故本规范采用了 5.6MPa 的增压(等级)条件供选用。

3.3.8 本条是对七氟丙烷灭火时在防护区的浸渍时间所做的规定，针对不同的保护对象提出了不同要求。

对扑救木材、纸张、织物类固体表面火灾，规定灭火浸渍时间宜采用 20min。这是借鉴以往卤代烷灭火试验的数据。例如，公安部天津消防研究所小木楞垛(12mm×12mm×140mm, 5 排×7 层)动态灭火试验，求测固体表面火灾的灭火数据(美国也曾做过这类试验)。他们的灭火数据中，以卤代烷 1211 为工质，达到 3.5% 的浓度，灭明火；欲继续将木楞垛中的阴燃火完全灭掉，需要提高到 6%~8% 的浓度，并保持此浓度 6~7min；若以 3.5%~4% 的浓度完全灭掉阴燃火，保持时间要增至 30min 以上。

在第 3.3.3 条中规定本类火灾的灭火设计浓度为 10%，安全系数取 1.72，按惯例该安全系数取的是偏低点。鉴于七氟丙烷市

场价较高,不宜将设计浓度取高,而是可以考虑将浸渍时间稍加长些,这样仍然可以达到安全应用的目的。故本条规定了扑救木材、纸张、织物类灭火的浸渍时间为 20min。这样做符合本规范总则中“安全可靠”、“经济合理”的要求;在国外标准中,也有卤代烷灭火浸渍时间采用 20min 的规定。

至于其他类固体火灾,灭火一般要比木材、纸张类容易些(热固性塑料等除外),故灭火浸渍时间规定为宜采用 10min。

通讯机房、电子计算机房的灭火浸渍时间,在本规范里不像其他类固体火灾规定的那么长,是出于以下两方面的考虑:

第一,尽管它们同属固体表面火灾保护,但电子、电器类不像木材、纸张那样容易趋近构成深位火灾,扑救起来要容易得多;同时,国内外对电子计算机房这样的典型应用场所,专门做过一些试验,试验表明,卤代烷灭火时间都是在 1min 内完成的,完成后无复燃现象。

第二,通讯机房、计算机房所采用的是精密设备,通导性和清洁性都要求非常高,应考虑到七氟丙烷在火场所产生的分解物可能会对它们造成危害。所以在保证灭火安全的前提下,尽量缩短浸渍时间是必要的。这有利于灭火之后尽快将七氟丙烷及其分解产物从防护区里清除出去。

但从灭火安全考虑,也不宜将灭火浸渍时间取得过短,故本规范规定,通讯机房、计算机房等防护区的灭火浸渍时间为 5min。

气体、液体火灾都是单纯的表面火灾。所有气体、液体灭火试验表明,当气体灭火剂达到灭火浓度后都能立即灭火。考虑到一般的冷却要求,本规范规定它们的灭火浸渍时间不应小于 1min。如果灭火前的燃烧时间较长,冷却不容易,浸渍时间应适当加长。

3.3.9 七氟丙烷 20℃时的蒸气压为 0.39MPa(绝对压力),七氟丙烷在环境温度下储存,其自身蒸气压不足以将灭火剂从灭火系统中输送喷放到防护区。为此,只有在储存容器中采用其他气体给灭火剂增压。规定采用的增压气体为氮气,并规定了它的允许

含水量,以免影响灭火剂质量和保证露点要求。这都等同采用了《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 及《洁净气体灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001 标准的规定。

为什么要对增压压力做出规定,而不可随意选取呢?这其中的主要缘故是七氟丙烷储存的初始压力,是影响喷头流量的一个固有因素。喷头的流量曲线是按初始压力为条件预先决定的,这就要求初始充压压力不能随意选取。

为了设计方便,设定了三个级别:系统管网长、流损大的,可选用 4.2MPa 及 5.6MPa 增压级;管网短、流损小的,可选用 2.5MPa 增压级。2.5MPa 及 4.2MPa 是等同采用了 ISO 14520 及《洁净气体灭火剂灭火系统设计标准》NFPA 2001 标准的规定;增加的 5.6MPa 增压级是为了满足我国通常采用的组合分配系统的设计需要,即在一些距离储瓶间较远防护区也能达到喷射时间不大于 8s 的设计条件。

3.3.10 对单位容积充装量上限的规定,是从储存容器使用安全考虑的。因充装量过高时,当储存容器工作温度(即环境温度)上升到某一温度之后,其内压随温度的增加会由缓增变为陡增,这会危及储存容器的使用安全,故而应对单位容积充装量上限做出恰当而又明确的规定。充装量上限由实验得出,所对应的最高设计温度为 50℃,各级的储存容器的设计压力应分别不小于:一级 4.0MPa;二级 5.6MPa(焊接容器)和 6.7MPa(无缝容器);三级 8.0MPa。

系统计算过程中初选充装量,建议采用 $800\sim 900\text{kg}/\text{m}^3$ 左右。

3.3.11 本条所做的规定,是为保证七氟丙烷在管网中的流动性能要求及系统管网计算方法上的要求而设定的。我国国家标准《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》GB 50163—92 和美国标准《卤代烷 1301 灭火系统标准》NFPA 12A 中都有相同的规定。

3.3.12 管网设计布置为均衡系统有三点好处:一是灭火剂在防护区里容易做到喷放均匀,利于灭火;二是可不考虑灭火剂在管网

中的剩余量,做到节省;三是减少设计工作的计算量,可只选用一种规格的喷头,只要计算“最不利点”这一点的阻力损失就可以了。

均衡系统本应是管网中各喷头的实际流量相等,但实际系统大都达不到这一条件。因此,按照惯例,放宽条件,符合一定要求的,仍可按均衡系统设计。这种规定,其实质在于对各喷头间工作压力最大差值容许有多大。过去,对于可液化气体的灭火系统,国内外标准一般都按流程总损失的10%确定允许最大差值。如果本规范也采用这一规定,在按本规范设计的七氟丙烷灭火系统中,按第二级增压的条件计算,可能出现的最大的流程总损失为1.5MPa(4.2MPa/2-0.6MPa),允许的最大差值将是0.15MPa。即当“最不利点”喷头工作压力是0.6MPa时,“最利点”喷头工作压力可达0.75MPa,由此计算得出喷头之间七氟丙烷流量差别接近20%(若按第三级增压条件计算其差别会更大)。差别这么大,对七氟丙烷灭火系统来说,要求喷射时间短、灭火快,仍将其认定是均衡系统,显然是不合理的。

上述制定允许最大差值的方法有值得商榷的地方。管网各喷头工作压力差别,是由系统管网进入防护区后的管网布置所产生的,与储存容器管网、汇流管和系统的主干管没有关系,不应该用它们来规定“允许最大差值”;更何况上述这些管网的损失占流程总损失的大部分,使最终结果误差较大。

本规范从另一个角度——相互间发生的差别用它们自身的长短去比较来考虑,故规定为:“管网的第1分流点至各喷头的管道阻力损失,其相互之间的最大差值不应大于20%”。虽然允许差值放大了,但喷头之间的流量差别却减小了。经测算,当第1分流点至各喷头的管道阻力损失最大差值为20%时,其喷头之间流量最大差别仅为10%左右。

3.3.14 灭火设计用量或惰化设计用量和系统灭火剂储存量的规定。

1 本款是等同采用了《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520及《洁净气体灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001标

准的规定。公式中 C_1 值的取用,取百分数中的实数(不带百分号)。公式中 K (海拔高度修正系数)值,对于在海拔高度 $0\sim 1000\text{m}$ 以内的防护区灭火设计,可取 $K=1$,即可以不修正。对于采用了空调或冬季取暖设施的防护区,公式中的 S 值,可按 20°C 进行计算。

2 本款是等同采用了《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 及《洁净气体灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001 标准的规定。

3 一套七氟丙烷灭火系统需要储存七氟丙烷的量,就是本条规定系统的储存量。式(3.3.14-1)计算出来的“灭火设计用量”,是必须储存起来的,并且在灭火时要全部喷放到防护区里去,否则就难以实现灭火的目的。但是要把容器中的灭火剂全部从系统中喷放出去是不可能的,总会有一些剩留在容器里及部分非均衡管网的管道中。为了保证“灭火设计用量”都能从系统中喷放出去,在系统容器中预先多充装一部分,这多装的量正好等于在喷放时剩留的,即可保证“灭火设计用量”全部喷放到防护区里去。

5 非均衡管网内剩余量的计算,参见图 1 说明:

从管网第一分支点计算各支管的长度,分别取各长支管与最短支管长度的差值为计算剩余量的长度;各长支管在末段的该长度管道内容积量之和,等量于灭火剂在管网内剩余量的体积量。

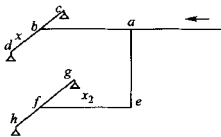


图 1 非均衡管网内剩余量的计算

注:其中 $bc < bd$, $bx = bc$ 及 $ab + bc = ae + ex_2$ 。

系统管网里七氟丙烷剩余量(容积量)等于管道 xd 段、 x_2f 段、 fg 段与 fh 段的管道内容积之和。

3.3.15 管网计算的规定。

4 本款规定了七氟丙烷灭火系统管网的计算方法。由于七氟丙烷灭火系统是采用了氮气增压输送,而氮气增压方法是采用定容积的密封蓄压方式,在七氟丙烷喷放过程中无氮气补充增压。故七氟丙烷灭火系统喷放时,是定容积的蓄压气体在自由膨胀下输送七氟丙烷,形成不定流、不定压的随机流动过程。这样的管流计算是比较复杂的,细致的计算应采用微分的方法,但在工程应用计算上很少采用这种方法。历来的工程应用计算,都是在保证应用精度的条件下力求简单方便。卤代烷灭火系统计算也不例外,以往的卤代烷灭火系统的国际、国外标准都是这样做的(但迄今为止,国际、国外标准尚未提供洁净气体灭火剂灭火系统的管网计算方法)。

对于这类管流的简化计算,常采用的办法是以平均流量取代过程中的不定流量。已知流量还不能进行管流计算,还需知道相对应的压头。寻找简化计算方法,也就是寻找相应于平均流量的压头。在七氟丙烷喷放过程中,必然存在这样的某一瞬时,其流量会正好等于全过程的平均流量,那么该瞬时的压头即是所需寻找的压头。

对于现今工程上通常所建立的卤代烷灭火系统,经过精细计算,卤代烷喷放的流量等于平均流量的那一瞬时,是系统的卤代烷设计用量从喷头喷放出去 50% 的瞬时(准确地说,是非常接近 50% 的瞬时);只要是在规范所设定的条件下进行系统设计,就不会因为系统的某些差异而带来该瞬时点的较大的偏移。将这一瞬时,规定为喷放全过程的“过程中点”。本规范对七氟丙烷灭火系统的管网计算就采用了这个计算方法。它不是独创,也是沿用了以往国际标准和国外标准对卤代烷灭火系统的一贯做法。

5 喷放“过程中点”储存容器内压力的含义,请见上一款的说明。这一压力的计算公式,是按定温过程依据波义耳-马略特定律推导出来的。

6 本款是提供七氟丙烷灭火系统设计进行管流阻力损失计算的方法。该计算公式可以做成图示(图 2),更便于计算使用。

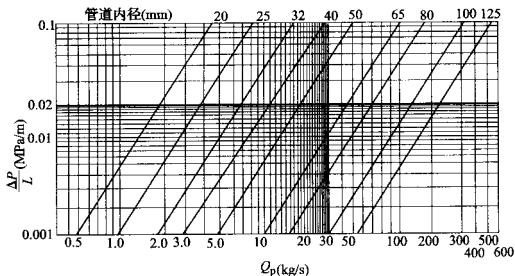


图2 镀锌钢管阻力损失与七氟丙烷流量的关系

七氟丙烷管流阻力损失的计算,现今的《气体灭火系统——物理性能和系统设计》ISO 14520 及《洁净灭火剂灭火系统设计规范》NFPA 2001 都未提供出来。为了建立这一计算方法,首先应该了解七氟丙烷在灭火系统中的管流状态。为此进行了专项实验,对七氟丙烷在 20℃ 条件下,以不同充装率,测得它们在不同压力下七氟丙烷的密度变化,绘成曲线如图 3。

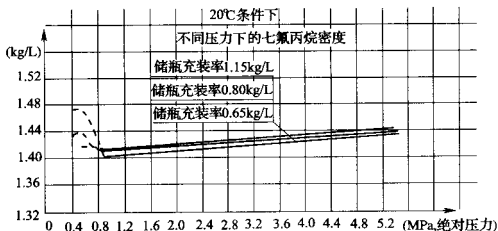


图3 不同压力下七氟丙烷的密度

从测试结果得知,七氟丙烷在管道中的流动,即使在大压力降的条件下,基本上仍是液相流。据此,依据流体力学的管流阻力损

失计算基本公式和阻力平方区的尼古拉茨公式,建立了本规范中的七氟丙烷管流的计算方法。

将这一计算方法转换为对卤代烷 1211 的计算,与美国《卤代烷 1211 灭火系统标准》NFPA 12B和英国《室内灭火装置与设备实施规范》BS 5306 上的计算进行校核,得到基本一致的结果。

本款中所列式(3.3.15-5)和图 2 用于镀锌钢管七氟丙烷管流的阻力损失计算;当系统管道采用不锈钢管时,其阻力损失计算可参考使用。

有关管件的局部阻力损失当量长度见表 1~表 3,可供设计参考使用。

表 1 螺纹接口弯头局部损失当量长度

规格 (mm)	20	25	32	40	50	65	80	法兰 100	法兰 125
当量长度 (m)	0.67	0.85	1.13	1.31	1.68	2.01	2.50	1.70	2.10

表 2 螺纹接口三通局部损失当量长度

规格 (mm)	20		25		32		40		50	
当量长度 (m)	直路	支路	直路	支路	直路	支路	直路	支路	直路	支路
	0.27	0.85	0.34	1.07	0.46	1.4	0.52	1.65	0.67	2.1
规格 (mm)	65		80		法兰 100		法兰 125			
当量长度 (m)	直路	支路	直路	支路	直路	支路	直路	支路	直路	支路
	0.82	2.5	1.01	3.11	1.40	4.1	1.76	5.1		

表 3 螺纹接口缩径接头局部损失当量长度

规格 (mm)	25×20	32×25	32×20	40×32	40×25
当量长度 (m)	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4
规格 (mm)	50×40	50×32	65×50	65×40	80×65
当量长度 (m)	0.3	0.5	0.4	0.6	0.5
规格 (mm)	80×50	法兰 100×80	法兰 100×65	法兰 125×100	法兰 125×80
当量长度 (m)	0.7	0.6	0.9	0.8	1.1

3.3.16 本条的规定,是为了保证七氟丙烷灭火系统的设计质量,满足七氟丙烷灭火系统灭火技术要求而设定的。

最小 P_c 值是参照实验结果确定的。

$P_c \geq P_m/2$ (MPa, 绝对压力), 它是对七氟丙烷系统设计通过“简化计算”后精确性的检验; 如果不符合, 说明设定条件不满足, 应该调整重新计算。

下面用一个实例, 介绍七氟丙烷灭火系统设计的计算演算:

有一通讯机房, 房高 3.2m, 长 14m, 宽 7m, 设七氟丙烷灭火系统进行保护(引入的部件的有关数据是取用某公司的 ZYJ-100 系列产品)。

1) 确定灭火设计浓度。

依据本规范中规定, 取 $C_1 = 8\%$ 。

2) 计算保护空间实际容积。

$$V = 3.2 \times 14 \times 7 = 313.6 (\text{m}^3)。$$

3) 计算灭火剂设计用量。

依据本规范公式(3.3.14-1):

$$W = K \cdot \frac{V}{S} \cdot \frac{C_1}{(100 - C_1)}, \text{其中, } K = 1;$$

$$S = 0.1269 + 0.000513 \cdot T$$

$$= 0.1269 + 0.000513 \times 20$$

$$= 0.13716 (\text{m}^3/\text{kg});$$

$$W = \frac{313.6}{0.13716} \cdot \frac{8}{(100 - 8)} = 198.8 (\text{kg})。$$

4) 设定灭火剂喷放时间。

依据本规范中规定, 取 $t = 7\text{s}$ 。

5) 设定喷头布置与数量。

选用 JP 型喷头, 其保护半径 $R = 7.5\text{m}$ 。

故设定喷头为 2 只; 按保护区平面均匀布置喷头。

6) 选定灭火剂储存容器规格及数量。

根据 $W=198.8\text{kg}$, 选用 100L 的 JR-100/54 储存容器 3 只。
7) 绘出系统管网计算图(图 4)。

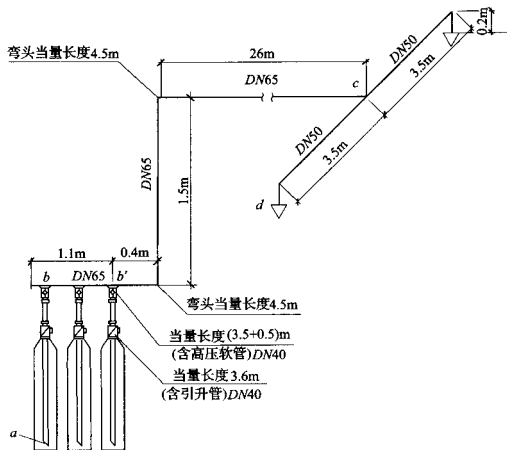


图 4 系统管网计算图

8) 计算管道平均设计流量。

$$\text{主管管: } Q_w = \frac{W}{t} = \frac{198.8}{7} = 28.4 (\text{kg/s});$$

$$\text{支管: } Q_g = Q_w / 2 = 14.2 (\text{kg/s});$$

$$\text{储存容器出流管: } Q_p = \frac{W}{n \cdot t} = \frac{198.8}{3 \times 7} = 9.47 (\text{kg/s}).$$

9) 选择管网管道通径。

以管道平均设计流量, 依据本规范条文说明第 3.3.15 条第 6 款中图 2 选取, 其结果, 标在管网计算图上。

10) 计算充装率。

系统储存量： $W_0 = W + \Delta W_1 + \Delta W_2$ ；

管网内剩余量： $\Delta W_2 = 0$ ；

储存容器内剩余量： $\Delta W_1 = n \times 3.5 = 3 \times 3.5 = 10.5(\text{kg})$ ；

充装率： $\eta = W_0 / (n \cdot V_b) = (198.8 + 10.5) / (3 \times 0.1) = 697.7(\text{kg}/\text{m}^3)$ 。

11) 计算管网管道内容积。

先按管道内径求出单位长度的内容积，然后依据管网计算图上管段长度求算：

$V_p = 29 \times 3.42 + 7.4 \times 1.96 = 113.7(\text{m}^3)$ 。

12) 选用额定增压压力。

依据本规范中规定，选用 $P_0 = 4.3\text{MPa}$ (绝对压力)。

13) 计算全部储存容器气相总容积。

依据本规范中公式(3.3.15-4)：

$V_0 = nV_b(1 - \frac{\eta}{\gamma}) = 3 \times 0.1(1 - 697.7/1407) = 0.1512(\text{m}^3)$ 。

14) 计算“过程中点”储存容器内压力。

依据本规范中公式(3.3.15-3)：

$$P_m = \frac{P_0 V_0}{V_0 + \frac{W}{2\gamma} + V_p}$$
$$= (4.3 \times 0.1512) / [0.1512 + 198.8 / (2 \times 1407) + 0.1137]$$
$$= 1.938(\text{MPa, 绝对压力})。$$

15) 计算管路损失。

(1) ab 段：

以 $Q_p = 9.47\text{kg/s}$ 及 $DN = 40\text{mm}$ ，查图 2 得：

$(\Delta P/L)_{ab} = 0.0103\text{MPa/m}$ ；

计算长度 $L_{ab} = 3.6 + 3.5 + 0.5 = 7.6(\text{m})$ ；

$\Delta P_{ab} = (\Delta P/L)_{ab} \times L_{ab} = 0.0103 \times 7.6 = 0.0783(\text{MPa})$ 。

(2) bb' 段：

以 $0.55Q_w = 15.6\text{kg/s}$ 及 $DN = 65\text{mm}$ ，查图 2 得

$$(\Delta P/L)_{b'c'} = 0.0022 \text{ MPa/m};$$

$$\text{计算长度 } L_{b'c'} = 0.8 \text{ m};$$

$$\Delta P_{b'c'} = (\Delta P/L)_{b'c'} \times L_{b'c'} = 0.0022 \times 0.8 = 0.00176 \text{ (MPa)}.$$

(3) $b'c'$ 段:

以 $Q_w = 28.4 \text{ kg/s}$ 及 $DN = 65 \text{ mm}$, 查图 2 得

$$(\Delta P/L)_{b'c'} = 0.008 \text{ MPa/m};$$

$$\text{计算长度 } L_{b'c'} = 0.4 + 4.5 + 1.5 + 4.5 + 26 = 36.9 \text{ (m)};$$

$$\Delta P_{b'c'} = (\Delta P/L)_{b'c'} \times L_{b'c'} = 0.008 \times 36.9 = 0.2952 \text{ (MPa)}.$$

(4) cd 段:

以 $Q_g = 14.2 \text{ kg/s}$ 及 $DN = 50 \text{ mm}$, 查图 2 得

$$(\Delta P/L)_{cd} = 0.009 \text{ MPa/m};$$

$$\text{计算长度 } L_{cd} = 5 + 0.4 + 3.5 + 3.5 + 0.2 = 12.6 \text{ (m)};$$

$$\Delta P_{cd} = (\Delta P/L)_{cd} \times L_{cd} = 0.009 \times 12.6 = 0.1134 \text{ (MPa)}.$$

(5) 求得管路总损失:

$$\sum_1^{N_d} \Delta P = \Delta P_{ab} + \Delta P_{b'c'} + \Delta P_{b'c'} + \Delta P_{cd} = 0.4887 \text{ (MPa)}.$$

16) 计算高程压头。

依据本规范中公式(3.3.15-9):

$$P_b = 10^{-6} \gamma \cdot H \cdot g$$

其中, $H = 2.8 \text{ m}$ (“过程中点”时, 喷头高度相对储存容器内液面的位差),

$$\text{则 } P_b = 10^{-6} \gamma \cdot H \cdot g$$

$$= 10^{-6} \times 1407 \times 2.8 \times 9.81$$

$$= 0.0386 \text{ (MPa)}.$$

17) 计算喷头工作压力。

依据本规范中公式(3.3.15-8):

$$P_c = P_m - \sum_1^{N_d} \Delta P \pm P_b$$

$$= 1.938 - 0.4887 - 0.0386$$

=1.411(MPa,绝对压力)。

18) 验算设计计算结果。

依据本规范的规定,应满足下列条件:

$P_c \geq 0.7$ (MPa,绝对压力);

$P_c \geq \frac{P_m}{2} = 1.938/2 = 0.969$ (MPa,绝对压力)。

皆满足,合格。

19) 计算喷头等效孔口面积及确定喷头规格。

以 $P_c = 1.411$ MPa 从本规范附录 C 表 C-2 中查得,

喷头等效孔口单位面积喷射率: $q_c = 3.1$ [(kg/s)/cm²];

又,喷头平均设计流量: $Q_c = W/2 = 14.2$ kg/s;

由本规范中公式(3.3.17)求得喷头等效孔口面积:

$F_c = \frac{Q_c}{q_c} = 14.2/3.1 = 4.58$ (cm²)。

由此,即可依据求得的 F_c 值,从产品规格中选用与该值相等(偏差 $^{+9\%}_{-3\%}$)、性能跟设计一致的喷头为 JP-30。

3.3.18 一般喷头的流量系数在工质一定的紊流状态下,只由喷头孔口结构所决定,但七氟丙烷灭火系统的喷头,由于系统采用了氮气增压输送,部分氮气会溶解在七氟丙烷里,在喷放过程中它会影响七氟丙烷流量。氮气在系统工作过程中的溶解量与析出量和储存容器增压压力及喷头工作压力有关,故七氟丙烷灭火系统喷头的流量系数,即各个喷头的实际等效孔口面积值与储存容器的增压压力及喷头孔口结构等因素有关,应经试验测定。

3.4 IG541 混合气体灭火系统

3.4.6 泄压口面积是该防护区采用的灭火剂喷放速率及防护区围护结构承受内压的允许压强的函数。喷放速率小,允许压强大,则泄压口面积小;反之,则泄压口面积大。泄压口面积可通过计算得出。由于 IG541 灭火系统在喷放过程中,初始喷放压力高于平

均流量的喷放压力约 1 倍,故推算结果是,初始喷放的峰值流量约是平均流量的 $\sqrt{2}$ 倍。因此,条文中的计算公式是按平均流量的 $\sqrt{2}$ 倍求出的。

建筑物的内压允许压强,应由建筑结构设计给出。表 4 的数据供参考:

表 4 建筑物的内压允许压强

建筑物类型	允许压强(Pa)
轻型和高层建筑	1200
标准建筑	2400
重型和地下建筑	4800

3.4.7 第 3 款中,式(3.4.7-3)按系统设计用量完全释放时,以当时储瓶内温度和管网管道内平均温度计算 IG541 灭火剂密度而求得。

3.4.8 管网计算。

2 式(3.4.8-3)是根据 1.1 倍平均流量对应喷头容许最小压力下,以及释放近 95% 的设计用量,管网末端压力接近 0.5MPa (表压)时,它们的末端流速皆小于临界流速而求得的。

计算选用时,在选用范围内,下游支管宜偏大选用;喷头接管按喷头接口尺寸选用。

4 式(3.4.8-4)是以释放 95% 的设计用量的一半时的系统状况,按绝热过程求出的。

5 减压孔板后的压力,应首选临界落压比进行计算,当由此计算出的喷头工作压力未能满足第 3.4.9 条的规定时,可改选落压比,但应在本款规定范围内选用。

6 式(3.4.8-6)是根据亚临界压差流量计算公式,即

$$Q = \mu F P_1 \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \cdot \frac{1}{RT_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

其中 T_1 以初始温度代入而求得。

Q 式的推导,是设定 IG541 喷放的系统流程为绝热过程,得

$$C_v T + A P v + A \frac{\omega^2}{2g} = \text{常量}$$

求取孔口和孔口前两截面的方程式,并以 $i=C_v T+APv$ 代入,得

$$i_1 + A \frac{\omega_1^2}{2g} = i + A \frac{\omega_2^2}{2g}$$

$$\Delta i = i_2 - i_1 = \frac{A}{2g} (\omega_2^2 - \omega_1^2)$$

相对于 ω_2, ω_1 相当小,从而忽略 ω_1^2 项,得

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2g}{A} \Delta i}$$

$$\text{又 } \Delta i = C_p (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

最终即可求出 Q 式。

以上各式中,符号的含义如下:

Q——减压孔板气体流量;

μ ——减压孔板流量系数;

F——减压孔板孔口面积;

P_1 ——气体在减压孔板前的绝对压力;

P_2 ——气体在减压孔板孔口处的绝对压力;

g ——重力加速度;

k ——绝热指数;

R——气体常数;

T_1 ——气体初始绝对温度;

T_2 ——孔口处的气体绝对温度;

C_v ——比定容热容;

T——气体绝对温度;

A——功的热当量;

P——气体压力;

v ——气体比热容;

ω ——气体流速,角速度;

- v ——气体流速,线速度;
 i_1 ——减压孔板前的气体状态焓;
 i_2 ——孔口处的气体状态焓;
 ω_1 ——气体在减压孔板前的流速;
 ω_2 ——气体在孔口处的流速;
 C_p ——比定压热容。

减压孔板可按图 5 设计。其中, d 为孔口直径; D 为孔口前管道内径; d/D 为 0.25~0.55。

- 当 $d/D \leq 0.35, \mu_k = 0.6$;
 $0.35 < d/D \leq 0.45, \mu_k = 0.61$;
 $0.45 < d/D \leq 0.55, \mu_k = 0.62$ 。

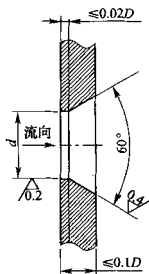


图 5 减压孔板

7 系统流程损失计算,采用了可压缩流体绝热流动计入摩擦损失为计算条件,建立管流的方程式:

$$\frac{dp}{\rho} + \frac{\alpha v dv}{g} + \frac{\lambda v^2 dl}{2gD} = 0$$

最后推算出:

$$Q^2 = \frac{0.242 \times 10^{-8} D^{5.25} Y}{0.04 D^{1.25} Z + L}$$

$$\text{其中: } Y = - \int_{p_1}^{p_2} \rho dp$$

$$Z = - \int_{\rho_1}^{\rho_2} \frac{d\rho}{\rho}$$

- 式中 ρ ——气体密度；
 α ——动能修正系数；
 λ ——沿程阻力系数；
 dl ——长度函数的微分；
 dp ——压力函数的微分；
 dv ——速度函数的微分；
 Y ——压力系数；
 Z ——密度系数；
 L ——管道计算长度。

由于该式中，压力流量间是隐函数，不便求解，故将计算式改写为条文形式。

下面用实例介绍 IG541 混合气体灭火系统设计计算：

某机房为 $20\text{m} \times 20\text{m} \times 3.5\text{m}$ ，最低环境温度 20°C ，将管网均衡布置。

系统图中：减压孔板前管道 ($a-b$) 长 15m ，减压孔板后主管道 ($b-c$) 长 75m ，管道连接件当量长度 9m ；一级支管 ($c-d$) 长 5m ，管道连接件当量长度 11.9m ；二级支管 ($d-e$) 长 5m ，管道连接件当量长度 6.3m ；三级支管 ($e-f$) 长 2.5m ，管道连接件当量长度 5.4m ；末端支管 ($f-g$) 长 2.6m ，管道连接件当量长度 7.1m 。

1) 确定灭火设计浓度。

依据本规范，取 $C_1 = 37.5\%$ 。

2) 计算保护空间实际容积。

$$V = 20 \times 20 \times 3.5 = 1400 (\text{m}^3)。$$

3) 计算灭火设计用量。

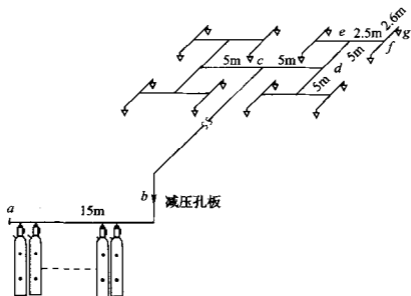


图 6 系统管网计算图

依据本规范公式(3.4.7-1), $W = K \cdot \frac{V}{S} \cdot \ln\left(\frac{100}{100 - C_1}\right)$,

其中, $K=1$;

$$S = 0.6575 + 0.0024 \times 20(\text{°C}) = 0.7055(\text{m}^3/\text{kg});$$

$$W = \frac{1400}{0.7055} \cdot \ln\left(\frac{37.5}{100 - 37.5}\right) = 932.68(\text{kg}).$$

4) 设定喷放时间。

依据本规范, 取 $t=55\text{s}$ 。

5) 选定灭火剂储存容器规格及储存压力级别。

选用 70L 的 15.0MPa 储存容器, 根据 $W=932.68\text{kg}$, 充装系数 $\eta=211.15\text{kg}/\text{m}^3$, 储瓶数 $n=(932.68/211.15)/0.07=63.1$, 取整后, $n=64$ (只)。

6) 计算管道平均设计流量。

$$\text{主干管: } Q_w = \frac{0.95W}{t} = 0.95 \times 932.68 / 55 = 16.110(\text{kg}/\text{s});$$

$$\text{一级支管: } Q_{g1} = Q_w / 2 = 8.055(\text{kg}/\text{s});$$

$$\text{二级支管: } Q_{g2} = Q_{g1} / 2 = 4.028(\text{kg}/\text{s});$$

$$\text{三级支管: } Q_{g3} = Q_{g2} / 2 = 2.014(\text{kg}/\text{s});$$

末端支管: $Q_{g4} = Q_{g3}/2 = 1.007(\text{kg/s})$, 即 $Q_c = 1.007\text{kg/s}$ 。

7) 选择管网管道通径。

以管道平均设计流量, 依据本规范 $D = (24 \sim 36)\sqrt{Q}$, 初选管径为:

主干管: 125mm;

一级支管: 80mm;

二级支管: 65mm;

三级支管: 50mm;

末端支管: 40mm。

8) 计算系统剩余量及其增加的储瓶数量。

$$V_1 = 0.1178\text{m}^3, V_2 = 1.1287\text{m}^3, V_p = V_1 + V_2 = 1.2465\text{m}^3; \\ V_0 = 0.07 \times 64 = 4.48\text{m}^3;$$

依据本规范, $W_s \geq 2.7V_0 + 2.0V_p \geq 14.589(\text{kg})$,

计入剩余量后的储瓶数:

$$n_1 \geq [(932.68 + 14.589)/211.15]/0.07 \geq 64.089$$

取整后, $n_1 = 65(\text{只})$

9) 计算减压孔板前压力。

依据本规范公式(3.4.8-4):

$$P_1 = P_0 \left(\frac{0.525V_0}{V_0 + V_1 + 0.4V_2} \right)^{1.45} = 4.954(\text{MPa})。$$

10) 计算减压孔板后压力。

依据本规范, $P_2 = \delta \cdot P_1 = 0.52 \times 4.954 = 2.576(\text{MPa})$ 。

11) 计算减压孔板孔口面积

依据本规范公式(3.4.8-6): $F_k = \frac{Q_k}{0.95\mu_k P_1 \sqrt{\delta^{1.38} - \delta^{1.69}}}$; 并

初选 $\mu_k = 0.61$, 得出 $F_k = 20.570(\text{cm}^2)$, $d = 51.177(\text{mm})$ 。 $d/D = 0.4094$; 说明 μ_k 选择正确。

12) 计算流程损失。

根据 $P_2 = 2.576(\text{MPa})$, 查本规范附录 E 表 E-1, 得出 b 点 Y

=566.6, Z=0.5855;

依据本规范公式(3.4.8-7):

$$Y_2 = Y_1 + \frac{L \cdot Q^2}{0.242 \times 10^{-8} \cdot D^{5.25}} + \frac{1.653 \times 10^7}{D^4} \cdot (Z_2 - Z_1) Q^2,$$

代入各管段平均流量及计算长度(含沿程长度及管道连接件当量长度),并结合本规范附录 E 表 E-1,推算出:

c 点 $Y=656.9, Z=0.5855$; 该点压力值 $P=2.3317\text{MPa}$;

d 点 $Y=705.0, Z=0.6583$;

e 点 $Y=728.6, Z=0.6987$;

f 点 $Y=744.8, Z=0.7266$;

g 点 $Y=760.8, Z=0.7598$ 。

13) 计算喷头等效孔口面积。

因 g 点为喷头入口处,根据其 Y、Z 值,查本规范附录 E 表 E-1,推算出该点压力 $P_c=2.011\text{MPa}$;查本规范附录 F 表 F-1,推算出喷头等效单位面积喷射率 $q_c=0.4832\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2)$;

依据本规范, $F_c = \frac{Q_c}{q_c} = 2.084(\text{cm}^2)$ 。

查本规范附录 D,可选用规格代号为 22 的喷头(16 只)。

3.5 热气溶胶预制灭火系统

3.5.9 热气溶胶灭火系统由于喷放较慢,因此存在灭火剂在防护区内扩散较慢的问题。在较大的空间内,为了使灭火剂以合理的速度进行扩散,除了合理布置灭火装置外,适当增加灭火剂浓度也是比较有效的办法,所以在设计用量计算中引入了容积修正系数 K_v 。 K_v 的取值是根据试验和计算得出的。

下面举例说明热气溶胶灭火系统的设计计算:

某通讯传输站作为一单独防护区,其长、宽、高分别为 5.6m、5m、3.5m,其中含建筑实体体积为 23m^3 。

1) 计算防护区净容积。

$$V = (5.6 \times 5 \times 3.5) - 23 = 75 (\text{m}^3)。$$

2) 计算灭火剂设计用量。

依据本规范,

$$W = C_2 \cdot K_v \cdot V,$$

C_2 取 0.13kg/m^3 , K_v 取 1, 则:

$$W = 0.13 \times 1 \times 75 = 9.75 (\text{kg})。$$

3) 产品规格选用。

依据本规范第 3.2.1 条以及产品规格, 选用 S 型气溶胶灭火装置 10kg 一台。

4) 系统设计图。

依据本规范要求配置控制器、探测器等设备后的灭火系统设计图如下:

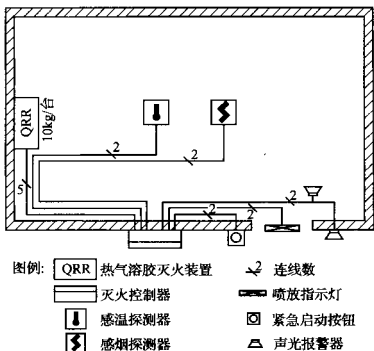


图 7 热气溶胶灭火系统

4 系统组件

4.1 一般规定

4.1.1 第4款中,要求气体灭火系统储存装置设在专用的储瓶间内,是考虑它是一套用于安全设施的保护设备,被保护的都是一些存放重要设备物件的场所,所以它自身的安全可靠是做好安全保护的先决条件,故宜将它设在安全的地方,专用的房间里。专用房间,即指不应是走廊里或简陋建筑物内,更不应该露天设置;同时,也不宜与消防无关的设备共同设置在同一个房间里。为了防止外部火灾蔓延进来,其耐火等级要求不应低于二级。要求有直通室外或疏散走道的出口,是考虑火灾事故时安全操作的需要。其室内环境温度的规定,是根据气体灭火剂沸点温度和设备正常工作的要求。

对于IG541混合气体灭火系统,其储存装置长期处于高压状态,因而其储瓶间要求(如泄爆要求等)更为严格,除满足一般储瓶间要求外,还应符合国家有关高压容器储存的规定。

4.1.5 要求在灭火系统主管道上安装压力讯号器或流量讯号器,有两个用途:一是确认本系统是否真正启动工作和灭火剂是否喷向起火的保护区;二是用其信号操作保护区的警告指示门灯,禁止人员进入已实施灭火的防护区。

4.1.8 防护区的灭火是以全淹没方式灭火。全淹没方式是以灭火浓度为条件的,所以单个喷头的流量是以单个喷头在防护区所保护的容积为核算基础。故喷头应以其喷射流量和保护半径二者兼顾为原则进行合理配置,满足灭火剂在防护区里均匀分布,达到全淹没灭火的要求。

4.1.9 尽管气体灭火剂本身没有什么腐蚀性,其灭火系统管网平

时是干管,但作为安全的保护设备来讲,是“养兵千日,用在一时”。考虑环境条件对管道的腐蚀,应进行防腐处理,防腐处理宜采用符合环保要求的方式。对钢管及钢制管道附件也可考虑采用内外镀锌钝化等防腐方式。镀层应做到完满、均匀、平滑;镀锌层厚度不宜小于 $15\mu\text{m}$ 。

本规范没有完全限制管道连接方式,如沟槽式卡箍连接。由于目前还没有通过国家法定检测机构检测并符合要求的耐高压沟槽式卡箍类型,规范不宜列入,如将来出现符合要求的产品,本规范不限制使用。

4.1.11 系统组件的特性参数包括阀门、管件的局部阻力损失,喷嘴流量特性,减压装置减压特性等。

5 操作与控制

5.0.1 化学合成类灭火剂在火场的分解产物是比较多的,对人员和设备都有危害。例如七氟丙烷,据美国 Robin 的试验报告,七氟丙烷接触的燃烧表面积加大,分解产物会随之增加,表面积增加 1 倍,分解产物会增加 2 倍。为此,从减少分解产物的角度缩短火灾的预燃时间,也是很有必要的。对通讯机房、电子计算机房等防护区来说,要求其设置的探测器在火灾规模不大于 1kW 的水准就应该响应。

另外,从减少火灾损失,限制表面火灾向深位火灾发展,限制易燃液体火灾的爆炸危险等角度来说,也都认定它是非常必要的。

故本规范规定,应配置高灵敏度的火灾探测器,做到及早地探明火灾,及早地灭火。探测器灵敏度等级应依照国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—1998 的有关技术规定。

感温探测器的灵敏度应为一级;感烟探测器等其他类型的火灾探测器,应根据防护区内的火灾燃烧状况,结合具体产品的特性,选择响应时间最短、最灵敏的火灾探测器。

5.0.3 对于平时无人工作的防护区,延迟喷射的延时设置可为 0s。这里所说的平时无人工作防护区,对于本灭火系统通常的保护对象来说,可包括:变压器室、开关室、泵房、地下金库、发动机试验台、电缆桥架(隧道)、微波中继站、易燃液体库房和封闭的能源系统等。

对于有人工作的防护区,一般采用手动控制方式较为安全。

5.0.5 本条中的“自动控制装置应在接到两个独立的火灾信号后才能启动”,是等同采用了我国国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—1998 的规定。

但是,采用哪种火灾探测器组合来提供“两个”独立的火灾信号则必须根据防护区及被保护对象的具体情况来选择。例如,对于通信机房和计算机房,一般用温控系统维持房间温度在一定范围;当发生火灾时,起初防护区温度不会迅速升高,感烟探测器会较快感应。此类防护区在火灾探测器的选择和线路设计上,除考虑采用温-烟的两个独立火灾信号的组合外,更可考虑采用烟-烟的两个独立火灾信号的组合,而提早灭火控制的启动时间。

5.0.7 应向消防控制室传送的信息包括:火灾信息、灭火动作、手动与自动转换和系统设备故障信息等。

6 安全要求

6.0.4 灭火后,防护区应及时进行通风换气,换气次数可根据防护区性质考虑,根据通信机房、计算机机房等场所的特性,本条规定了其每小时最少的换气次数。

6.0.5 排风管不能与通风循环系统相连。

6.0.7 本条规定,在通常有人的防护区所使用的灭火设计浓度限制在安全范围以内,是考虑人身安全。

6.0.8 本条的规定,是防止防护区内发生火灾时,较高充压压力的容器因升温过快而发生危险。同时参考了卤代烷 1211、1301 预制灭火系统的设计应用情况。

6.0.11 空气呼吸器不必按照防护区配置,可按建筑物(栋)或灭火剂储瓶间或楼层酌情配置,宜设两套。