

ICS 13.220.20  
P 16

# DB

## 湖南省地方标准

DB43/T 481-2009

---

### 氮气 (IG-100) 灭火系统设计规范

Code for design of nitrogen (IG-100) fire-extinguishing systems

2009-07-13发布

2009-07-30实施

---

湖南省质量技术监督局 发布

## 目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和符号 .....	1
4 设计要求 .....	3
5 系统组件 .....	8
6 操作与控制 .....	9
7 安全要求 .....	11
8 用词与条文说明 .....	11
附录 A (规范性附录) 建筑物围护结构最低允许压力.....	12
附录 B (规范性附录) 氮气 IG-100 灭火剂技术性能 .....	13
附录 C (规范性附录) 氮气 IG-100 的灭火浓度和最小设计灭火浓度 .....	14
附录 D (规范性附录) 氮气 IG-100 的惰化浓度和最小设计惰化浓度.....	15
附录 E (规范性附录) 海拔高度修正系数 .....	16
附录 F (规范性附录) 氮气 IG-100 的质量体积 .....	17
附录 G (规范性附录) 灭火剂输送管道规格.....	18
附录 H (资料性附录) 用词说明 .....	19
附录 I (资料性附录) 条文说明 .....	20

## 前 言

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 为规范性附录，附录 H、附录 I 为资料性附录。

本标准由湖南省公安消防总队提出并归口。

本标准起草单位：湖南省公安消防总队、湖南得大消防有限公司、威盾科技(中国)有限公司、湖南消防总公司。

本标准主要起草人：李修柏、何学锋、关 宏、林奋强、帅卫红、徐海斌、黎和平、王兴华、阳卫国、刘洪义、周 岚、王 君。

## 引 言

氮气（IG-100）灭火系统是一种洁净气体灭火系统，其气源供给方式主要有高压无缝钢瓶储气和工艺管网常年保证气压气量两种，工业管网常年保证气压气量的方式主要应用于因工业要求已有氮气管网的钢铁、化工等企业。目前 IG-100 气体灭火系统的设计在国内尚无国家标准及行业标准可循，为了规范 IG-100 气体灭火系统的设计工作，减少火灾危害，保护人身和财产安全，根据湘质监标函【2008】163 号批文精神，制定了本规范。

# 氮气 (IG-100) 灭火系统设计规范

## 1 范围

本规范规定了氮气 (IG-100) 灭火系统设计的术语和符号、设计要求、系统组件、操作与控制、安全要求的内容。

本规范适用于新建、扩建、改建工程中设置的以下形式的氮气 IG-100 灭火系统设计：即高压无缝钢管储存压力为 15MPa (20℃)、20MPa (20℃) 的氮气 IG-100 全淹没灭火系统 (钢瓶供气系统形式) 和以工业管网常年保证气压为 (0.8~3.0) MPa 的氮气主管道为气源的氮气 IG-100 全淹没灭火系统 (工业管网供气系统形式)。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单 (不包括勘误的内容) 或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB 1527 控制铜管
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB 16912-1997 氧气及相关气体安全技术规程
- GB 20128-2006 惰性气体灭火剂
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50045 高层民用建筑设计防火规范
- GB 50116-1998 火灾自动报警系统设计规范
- GB 50263-2007 气体灭火系统施工及验收规范
- GB 50316-2000 工业金属管道工程设计规范
- GB 50370-2005 气体灭火设计规范
- GA 400-2002 气体灭火系统通用部件及技术要求
- ISO 6183 消防设备二氧化碳灭火系统设计和安装标准
- ISO 14520-2000 气体灭火系统—物理性能和系统设计
- BS 5306 房屋灭火装置及设备
- NFPA 2001: 2004 洁净气体灭火系统标准

## 3 术语和符号

下列术语和符号适用于本标准。

### 3.1 术语

#### 3.1.1 氮气 IG-100 灭火剂 nitrogen fire extinguishing agent IG-100

氮气 IG-100 是由氮气组成的灭火剂。

#### 3.1.2 氮气 IG-100 灭火系统 IG-100 nitrogen fire-extinguishing systems

按一定的应用条件进行设计计算，将氮气 IG-100 灭火剂从储存装置经由阀门、管道和喷嘴释放到

防护区实施灭火的系统

3.1.3 工业管网供气氮气 IG-100 灭火系统 pipe-segments for technical nitrogen IG-100 fire-extinguishing systems

由钢铁、化工、石油工业等企业的氮气贮罐、液氮低温贮槽（含汽化装置）、阀门站（含安全泄放装置）、氮气主管道、切断阀等组成组成的工业管网提供氮气的 IG-100 灭火系统。

3.1.4 启动控制装置 unit control installation

具有自动、手动和机械应急启动功能，控制灭火剂释放，并具有相关联动功能的控制装置。

3.1.5 泄压口 pressure relief opening

气体灭火剂喷放时，防止防护区内压超过允许压强的开口。

3.1.6 全淹没灭火系统 total flooding extinguishing system

在规定的时间内，向封闭的防护区喷放设计规定用量的气体灭火剂，并使其以一定浓度均匀地充满整个防护区的灭火系统。

3.1.7 单元独立灭火系统 Unit independent extinguishing system

一套灭火剂储存装置，保护一个防护区的氮气 IG-100 灭火系统。

3.1.8 组合分配灭火系统 Combined distribution extinguishing systems

一套灭火剂储存装置，保护两个及以上防护区的氮气 IG-100 灭火系统。

3.1.9 灭火浓度 Flame extinguishing concentration

在 101.3kPa 大气压和规定的温度条件下，扑灭某种物质火灾所需氮气 IG-100 灭火剂在空气中的最小体积百分比。

3.1.10 惰化浓度 Inerting concentration

有火源引入时，在 101 KPa 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 IG-100 灭火剂在空气中的最小体积百分比。

3.1.11 无毒性反应浓度 (NOAEL) no observed adverse effect level (NOAEL)

观察不到生理反应的灭火剂毒性影响的最高浓度。

3.1.12 有毒性反应浓度 (LOAEL) lowest observed adverse effect level (LOAEL)

观察到生理反应的灭火剂毒性影响的最小浓度。

3.1.13 喷射时间 discharge time

达到 95%最低设计浓度所需的时间。

3.2 符号

A——防护区的内侧面、底面、顶面（包括其中的开口）的总面积；

$A_p$ ——喷嘴等效孔口面积；

$A_0$ ——开口总面积；

$A_x$ ——泄压口面积；

C——灭火设计浓度或惰化设计浓度；

D——管道内径；

$F_k$ ——减压孔板孔口面积；

K——防护区海拔高度修正系数；

$K_b$ ——开口补偿系数；

$N_g$ ——安装在计算支管下游的喷嘴数量；

$P_c$ ——喷嘴入口压力；

$P_y$ ——防护区围护结构承受内压的允许值；

$P_0$ ——灭火剂储存容器充装压力；

$P_1$ ——减压孔板前中期压力；  
 $p_2$ ——减压孔板后压力；  
 $Q$ ——管道平均设计流量；  
 $Q_z$ ——主干管平均设计流量；  
 $Q_c$ ——单个喷嘴的平均设计流量；  
 $Q_g$ ——支管平均设计流量；  
 $Q_k$ ——减压孔板设计流量；  
 $Q_p$ ——单个喷嘴的平均设计流量；  
 $Q_y$ ——氮气 IG-100 灭火剂的平均喷放速率；  
 $S$ ——氮气 IG-100 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；  
 $V_m$ ——全淹没灭火设计用量或惰化设计用量；  
 $V_c$ ——管网、集流管和储瓶的容积；  
 $W$ ——全淹没灭火设计用量或惰化设计用量；  
 $W_c$ ——灭火剂剩余量；  
 $P_c$ ——喷嘴入口处氮气 IG-100 的密度。

#### 4 设计要求

##### 4.1 总则

4.1.1 氮气 IG-100 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。

4.1.2 氮气 IG-100 灭火系统可用于扑救下列火灾：

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

4.1.3 氮气 IG-100 灭火系统不适用于扑救下列火灾：

- 硝化纤维、硝酸钠等氧化剂或含氧化剂的化学制品火灾；
- 钾、镁、钠、钛、锆、铀等活泼金属火灾；
- 氢化钠、氢化钾等金属氢化物火灾；
- 过氧化氢、联胺等能自行分解的化学物质火灾；
- 可燃固体物质的深位火灾。

4.1.4 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。

4.1.5 氮气 IG-100 灭火系统的设计除应执行本规范外，还应符合现行的国家有关标准的规定，氮气 IG-100 灭火系统的施工及验收应按 GB 50263-2007 中关于 IG541 灭火系统的规定执行。

##### 4.2 防护区

4.2.1 防护区的划分，应符合下列规定：

- 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）；
- 一个防护区的面积不宜大于  $800\text{m}^2$ ，容积不宜大于  $3600\text{m}^3$ 。

- 4.2.2 防护区的最低环境温度不应低于-10℃。
- 4.2.3 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。
- 4.2.4 防护区围护结构承受内压的允许压强，不宜低于 1200Pa。
- 4.2.5 两个及两个以上的防护区采用组合分配系统时，一套组合分配系统保护的防护区数量不应超过 8 个。
- 4.2.6 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。
- 4.2.7 灭火系统的储存装置 72h 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。
- 4.2.8 封闭严密的灭火防护区应设泄压口，泄压口宜设置在外墙上。除泄压口外，防护区内与其它空间相通的开口，应在灭火剂喷放前自动关闭。泄压口的面积计算公式：

$$A_x = 0.991 \frac{Q_y}{\sqrt{P_y}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- A<sub>x</sub>——泄压口面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；
- Q<sub>y</sub>——氮气 IG-100 灭火系统灭火剂的平均喷放速率，单位为公斤每秒 (kg/s)；
- P<sub>y</sub>——防护区围护结构承受内压的允许压力，单位为帕 (Pa)，具体数据见附录 A；
- 0.991——规定的系数。

- 4.2.9 对气体、液体、电气火灾和固体表面火灾，在灭火剂喷放前不能自动关闭的开口，其面积不应大于防护区总内表面积的 3%，在计算灭火剂用量时，应考虑开口补偿量。开口补偿系数 K<sub>b</sub>的计算公式：

$$K_b = 1 + 30 \frac{A_0}{A} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- K<sub>b</sub>——开口补偿系数，是个可变数；
- A<sub>0</sub>——开口总面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；
- A——防护区的内侧面、底面、顶面（包括其中的开口）的总面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；
- 1 和 30——为规定数。

4.3 氮气 IG-100 设计用量

- 4.3.1 氮气 IG-100 灭火剂的技术性能应符合 GB 20128-2006 第 4.2.2 条的规定，详见附录 B。
- 4.3.2 氮气 IG-100 灭火系统的设计灭火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。
- 4.3.3 固体表面火灾的灭火浓度为 31%，电气火灾的灭火浓度为 31.9%，其他可燃物的灭火浓度可按附录 C 的规定取值，惰化浓度可按附录 D 的规定取值。本规范附录中未列出的，应经试验确定。
- 4.3.4 当几种可燃物共存或混合时，其设计灭火浓度或设计惰化浓度，应按其中最大的灭火浓度或惰化浓度确定。
- 4.3.5 氮气 IG-100 灭火系统灭火剂的喷射时间按表 1 确定。

表 1 氮气 IG-100 灭火系统灭火剂的喷射时间

可燃物类别	喷射时间 (s)	
	瓶组供气系统	工业管网供气系统
固体表面火灾	48~60	120~180
液体火灾	48~60	60~120
灭火前能切断气源的气体火灾	48~60	30~60
电气火灾	48~60	120~180



4.3.6 应根据防护区内可燃物相应的设计灭火浓度或设计惰化浓度与防护区净容积，经计算确定氮气 IG-100 灭火系统灭火设计用量。

4.3.7 防护区氮气 IG-100 灭火设计用量或惰化设计用量应按本规范的计算公式：

$$W = K \cdot K_b \cdot \frac{V}{S} \cdot \ln\left(\frac{100}{100 - C}\right) \dots\dots\dots (3)$$

$$S = 0.7997 + 0.00293T \dots\dots\dots (4)$$

式中：

W——全淹没灭火设计用量或惰化设计用量，单位为公斤（kg）；

$K_b$ ——开口补偿系数，是个可变数；

V——防护区净容积。（ $m^3$ ，即封闭空间容积减去不会吸收灭火剂的固定结构），单位为立方米（ $m^3$ ）；

K——防护区海拔高度修正系数（按附录 E 的规定取值），是个可变数；

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，（按附录 F 的规定取值），单位为立方米每公斤（ $m^3/kg$ ）；

T——防护区最低环境温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}C$ ）；

C——防护区灭火设计浓度或惰化设计浓度，单位为百分数（%）；

100、0.7997、0.00293——为规定数。

4.3.8 钢瓶供气形式氮气 IG-100 灭火系统灭火剂储存量应为灭火设计用量或惰化设计用量与系统喷放后的管网、集流管和储瓶内剩余量之和。

4.3.9 钢瓶供气形式氮气 IG-100 灭火系统喷放后的管网、集流管和储瓶内剩余量之和计算公式：

$$W_c = 1.80V_0 + 1.52(V_1 + V_2) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$W_c$ ——喷放后的管网、集流管和储瓶内剩余量之和，单位为公斤（Kg）；

$V_0$ ——系统全部储存容器的总容积，单位为立方米（ $m^3$ ）；

$V_1$ ——减压孔板前管网管道容积，单位为立方米（ $m^3$ ）；

$V_2$ ——减压孔板后管网管道容积，单位为立方米（ $m^3$ ）；

1.80、1.52——为规定值。

4.3.10 氮气 IG-100 灭火系统灭火时的抑制时间不应小于 10min。

4.3.11 在发生火灾出现大面积停电的情况下，工业氮气供气管网的可供灭火使用的氮气最小储存量，应大于各个防护区中最大的灭火剂用量。

4.4 启动控制装置设置要求

4.4.1 启动控制装置宜设置在防护区外室内场所并有保护装置，不应设置在露天场所。

4.4.2 启动控制装置的存放场所应有直接通向室外或疏散走道的出口，并应设置消防电话和应急照明灯。

4.4.3 启动控制装置存放场所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，存放场所的环境温度应为  $-10^{\circ}C \sim 50^{\circ}C$ 。

4.4.4 启动控制装置的布置，应便于操作、维修及避免阳光直接照射，操作面距墙面或两操作面之间的距离不宜小于 1.0m。

4.5 系统管网布置与计算

4.5.1 管网布置应符合下列规定：

——喷嘴的设计数量，由单个喷嘴的保护面积和防护区面积确定；

——喷嘴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;
- 5) 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。
- 6) 喷嘴的射流方向不应朝向液体表面;
- 7) 管网上不应采用四通管件进行分流;
- 8) 钢瓶供气形式的氮气 IG-100 灭火系统灭火剂释放时, 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。

4.5.2 管网计算应符合下列规定或使用通过国家法定检验机构验证或测定的专用设计软件计算。

4.5.2.1 管网各管段中氮气 IG-100 的平均设计流量计算公式:

$$Q_z = \frac{0.95W}{t} \dots\dots\dots(6)$$

$$Q_g = \sum_{i=1}^{N_g} Q_c \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- W——全淹没灭火设计用量或惰化设计用量单位为公斤 (kg);
- Q<sub>z</sub>——主管平均设计流量, 单位为公斤每秒 (kg/s);
- t——灭火剂设计喷放时间, 单位为秒 (s);
- Q<sub>g</sub>——支管平均设计流量, 单位为公斤每秒 (kg/s);
- N<sub>g</sub>——安装在计算支管下游的喷嘴数量, 单位为个 (自然数);
- Q<sub>c</sub>——单个喷嘴的平均设计流量, 单位为公斤每秒 (kg/s)。

4.5.2.2 管网管道内径计算公式:

$$D = (24.0 \sim 36.0) \cdot \sqrt{Q} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- D——管道内径, 单位为米 (m);
- Q——管道平均设计流量, 单位为公斤每秒 (kg/s);
- 24.0 和 36.0——为规定数。

注: 参照管道内径预估算结果, 按管道产品系列尺寸选取适当的管道内径。

4.5.2.3 钢瓶供气形式的氮气 IG-100 灭火系统减压孔板后的最高压力应小于 10.5MPa。

4.5.2.4 钢瓶供气形式的氮气 IG-100 灭火系统的减压孔板前中期压力计算公式:

$$P_1 = P_0 \left( \frac{0.525V_0}{V_0 + V_1 + 0.4V_2} \right)^{1.4} \dots\dots\dots(9)$$

式中:

- P<sub>1</sub>——减压孔板前中期压力, (绝压), 单位为兆帕, (MPa);
- P<sub>0</sub>——灭火剂储存容器充装压力, (绝压), 单位为兆帕, (MPa);
- V<sub>0</sub>、V<sub>1</sub>、V<sub>20</sub>——见 (5) 式。

4.5.2.5 减压孔板后压力一般计算公式:

$$P_2 = \delta \cdot P_1 \dots\dots\dots(10)$$

式中:

$P_2$ ——减压孔板后压力 MPa, (绝压) 单位为兆帕, (MPa);

$P_1$ ——见 (9) 式;

$\delta$  ——落压比 (临界落压比的  $\delta = 0.52$ ), 单位为百分数 (%);

注: 必要时, 充装压力为 15MPa 的系统, 可在  $\delta = 0.52 \sim 0.60$  中选用; 充装压力为 20MPa 的系统, 可在  $\delta = 0.52 \sim 0.55$  中选用。

4.5.2.6 减压孔板孔口面积适宜计算公式:

$$F_k = \frac{Q_k}{0.95\mu_k P_1 \sqrt{\delta^{1.38} - \delta^{1.69}}} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$F_k$ ——减压孔板孔口面积, 单位为平方厘米 ( $\text{cm}^2$ );

$Q_k$ ——减压孔板设计流量, 单位为公斤每秒 ( $\text{kg/s}$ );

$\mu_k$ ——减压孔板流量系数, 为自然数。

$P_1$ 、 $\delta^{1.38}$ 、 $\delta^{1.69}$ ——见 (10) 式;

0.95——为规定的系数。

4.5.2.7 管道沿程压力损失计算公式:

$$p_{n+1} = (p_n^{1.714} - \frac{0.121 p_n^{0.714} l Q^2}{\rho_n D^{5.25}})^{0.417} \dots\dots\dots (12)$$

$$\rho_{n+1} = (\frac{p_{n+1} \rho_n^{1.4}}{p_n})^{0.714} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$P_n$ ——管道入口计算截面压强, 单位为兆帕, (MPa);

$P_{n+1}$ ——管道出口计算截面压强, 单位为兆帕, (MPa);

$\rho_n$ ——管道入口计算截面密度, 单位为公斤每立方米 ( $\text{kg/m}^3$ );

$\rho_{n+1}$ ——管道出口计算截面密度, 单位为公斤每立方米 ( $\text{kg/m}^3$ );

$l$ ——计算管长 (为实际与附件当量长度之和), 单位为米 (m);

式中未释符号见前面的公式, 式中出现的数值为规定值。

4.5.2.8 氮气 IG-100 气体灭火系统的喷嘴入口平均工作压力(绝对压力)的计算结果应符合下列规定:

——一级充压 (15MPa) 瓶组供气系统, 不应小于 2.0 MPa;

——二级充压 (20MPa) 瓶组供气系统, 不应小于 2.1 MPa;

——工业管网供气系统, 应不小于 0.5 MPa。

4.5.2.9 喷嘴等效孔口面积  $A_p$ , 计算公式:

$$A_p = \frac{40Q_p}{\sqrt{P_c \rho_c}} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$A_p$ ——喷嘴等效孔口面积, 单位为平方毫米 ( $\text{mm}^2$ );

$Q_p$ ——单个喷头的平均设计流量, 单位为公斤每秒 ( $\text{kg/s}$ );

$P_c$ ——喷嘴入口压力, 单位为兆帕, (MPa);

$\rho_c$ ——喷嘴入口处氮气 IG-100 的密度, 单位为公斤每立方米 ( $\text{kg/m}^3$ );

40——为规定常数。

4.5.2.10 喷嘴的实际孔口面积，应经试验确定，喷嘴规格应符合 GB 50370-2005 中附录 D 的规定。

## 5 系统组件

### 5.1 系统组成

5.1.1 系统组成包括灭火剂储存装置、启动控制装置、管道和喷嘴。

5.1.2 系统组件的特性参数应由国家法定检测机构验证或测定。

### 5.2 灭火剂储存装置

5.2.1 钢瓶供气形式氮气 IG-100 灭火系统的灭火剂储存装置由储存容器、容器阀、压力表、安全泄压装置和集流管等组成并应符合下列要求：

- 储存容器和集流管应采用支架固定；
- 在储存容器或容器阀上，应设安全泄压装置及压力表。组合分配系统的集流管，应设安全泄放装置；
- 储存容器的充装压力为 15MPa（20℃），安全泄压装置的动作压力范围为（20.7±1.0）Mpa；
- 储存容器的充装压力为 20MPa（20℃），安全泄压装置的动作压力范围为（27.6±1.4）Mpa；
- 同一集流管上的储存容器，其充装压力应一致；
- 备用量的储存容器与主用量的储存容器应接在同一集流管上；
- 储存容器上应设有永久固定铭牌，标明每个容器的编号、毛重、灭火剂名称、充装量、充装日期和充装压力；
- 储存容器宜设在靠近防护区的专用储存间内，储存间的耐火等级不应低于二级，且应有直接通向室外或疏散走道的出口，环境温度应为-10℃~50℃；
- 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。

5.2.2 由工业管网供气形式的氮气 IG-100 灭火系统灭火剂储存装置由供气管网、切断阀、氮气贮罐、液氮低温贮槽（含汽化装置）、阀门站（含安全泄放装置）组成，并应符合下列要求：

- 供气管网的供气压力为（0.8~3.0）MPa。设计时根据实际供气管网正常工作压力选定；
- 供气管网的工业氮气主管道可与生产系统共用；
- 氮气主管道不应敷设在通行地沟内；
- 在启动控制装置入口的供气管上，应设就地压力显示装置；
- 同一火灾报警系统集中控制的防护区，其氮气主管道的供气压力应一致；
- 氮气主管道外壁为浅黄色，管道上应涂有表示介质流动方向的黑色箭头。

5.2.3 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。

### 5.3 启动控制装置

5.3.1 启动控制装置上应设有永久固定铭牌，标明每个装置的编号、防护区、生产厂家、生产日期、规格型号，并标明操作规程、维护保养注意事项。

5.3.2 氮气 IG-100 气体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。

5.3.3 钢瓶供气形式的启动控制装置由驱动装置、控制盘、信号反馈装置、低泄高封阀等组成。

5.3.4 工业管网供气形式的启动控制装置由释放阀、可复位释放阀、氮气驱动装置、信号反馈装置、气体检测报警仪、控制器、电源、防泄漏防误动作球阀等部件组成，并应符合下列要求：

- 释放阀应采用自动和机械操作方式，阀门的工作压力不应小于系统的最大供气压力，并应便于手动操作，方便检查、维护；
- 释放阀在系统启动时，应在可复位释放阀的动作之前或同时打开；

- 当系统处于正常工作状态时，启动控制装置应能实时反应防护区内的氧浓度，当出现氧浓度降至 18%及以下时，应给出报警信号，并将信号反馈至消防控制室，实施消防广播系统联动，通知防护区内人员疏散；
  - 当启动系统，灭火剂喷放后，防护区内氧浓度降至 12%时，气体检测报警仪应将信号反馈至启动控制装置，实施关闭可复位释放阀。
- 5.3.5 组合分配灭火系统中的每个防护区应设置的选择阀，并符合下列要求：
- 选择阀应采用自动和机械操作方式，工作压力不应小于系统的储存压力；
  - 储气瓶供气方式的灭火系统的选择阀的位置应靠近储存容器且便于操作；
  - 选择阀在系统启动时，应在容器阀的动作之前或同时打开；
  - 选择阀应设有标明其工作防护区的永久性铭牌。
- 5.3.6 驱动气体储瓶与其他组件的公称压力，不应小于在最高环境温度下所承受的工作压力。
- 5.3.7 驱动气体储瓶的容器阀上应设安全泄放装置和压力表，安全泄放装置的动作压力，应符合 GA400 的规定。
- 5.3.8 在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。
- 5.4 管道与喷嘴
- 5.4.1 灭火系统的管道及管道附件应符合下列规定：
- 输送气体灭火剂的管道应采用无缝钢管。其质量应符合 GB/T 8163 的规定。无缝钢管内外应进行防腐处理，防腐处理宜采用热浸镀锌等符合环保要求的方式；
  - 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 GB/T 14976 的规定；
  - 输送启动气体的管道，宜采用铜管，其质量应符合 GB 1527 的规定；
  - 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，钢制管道附件应采用 45 号钢铸造或热煅，且内外防腐处理，防腐处理宜采用热浸镀锌等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。
- 5.4.2 管道及管道附件的公称工作压力，不应小于在最高环境温度下所承受的工作压力。
- 5.4.3 钢瓶供气形式的灭火系统的集流管及减压装置上游管道的工作压力不应低于储存容器工作压力。
- 5.4.4 钢瓶供气形式的灭火系统的灭火剂输送管道上应设置将气体压力由储存压力减至工作压力的减压装置。
- 5.4.5 灭火剂输送管道不宜穿越沉降缝、变形缝，当必须穿越时应有可靠的抗沉降和抗变形技术措施。
- 5.4.6 灭火剂输送管道的设计除应符合本规范的规定外，尚应符合 GB 50316 和 GB 16912 中有关的规定。
- 5.4.7 灭火剂输送管道规格应按附录 G 的要求选用。
- 5.4.8 灭火系统喷嘴应有表示其型号、规格的永久性标识。设在有粉尘区域、油雾等防护区的喷嘴，应有保护装置。
- 5.4.9 喷嘴的布置应满足喷放后气体灭火剂在防护区均匀分布的要求。当保护对象为可燃液体时，喷嘴射流方向不应朝向液体表面。

## 6 操作与控制

- 6.1 采用氮气 IG-100 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 GB50116 的规定，并应选用灵敏度级别高的火灾探测器。
- 6.2 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。

6.3 灭火设计浓度或实际使用浓度大于无毒性反应浓度（NOAEL 浓度）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。

6.4 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。

6.5 氮气 IG-100 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。

6.6 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。

6.7 氮气 IG-100 气体灭火系统的电源，应符合现行国家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。

## 7 安全要求

7.1 防护区内最高环境温度下的最大灭火浓度应符合下列规定：

——对于经常有人工作的防护区，防护区内灭火剂最大浓度不应超过表 2 中的 NOAEL 浓度；

——对于经常无人工作的防护区，或平时虽有人工作但能确保系统喷放前人员能全部撤离的防护区，防护区内灭火剂最大浓度不宜超过表 2 中的 LOAEL 浓度。

表 2 氮气 IG-100 的生理反应影响指标

灭火剂名称	NOAEL	LOAEL
氮气IG-100	43%	52%

7.2 防护区应有保证人员在 30s 内疏散完毕的通道和出口。

7.3 氮气 IG-100 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。

7.4 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。

7.5 氮气 IG-100 灭火系统的设计除应执行本规范外，还应符合现行的国家有关标准的规定，氮气 IG-100 灭火系统的施工及验收应按 GB 50263-2007 关于 IG 541 灭火系统的规定执行。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，以及氮气 IG-100 防火或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。

7.6 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。因生产需要的常开式防火门，应设置具有自行关闭和信号反馈功能的电控释放器。

7.7 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。

7.8 储气瓶组和启动控制装置存放场所应按以下要求设置：

——存放场所的门应向外开启；

——存放场所内应设应急照明；

——存放场所应有良好的通风条件；

——地下存放场所应设机械排风装置，排风口应设在下部，可通过排风管排出室外。

7.9 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。

7.10 氮气 IG-100 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。

7.11 设有气体灭火系统的场所，宜配置空气呼吸器。

## 8 用词与条文说明

8.1 用词要求参见附录 H。

8.2 条文说明参见附录 I。

附录 A  
(规范性附录)  
建筑物围护结构最低允许压力

建筑物围护结构最低允许压力如表 A.1 所示。

表 A.1 建筑物围护结构最低允许压力

类 型	最低允许压力 (Pa)
高层建筑	1200
一般建筑	2400
地下建筑	4800



附录 B  
(规范性附录)  
氮气 IG-100 灭火剂技术性能

氮气 IG-100 灭火剂技术性能如表 B.1 所示。

表 B.1 氮气 IG-100 灭火剂技术性能

项 目	指 标
氮气含量, %	$\geq$ 99.6
水分含量 (质量分数), %	$\leq$ $50 \times 10^{-4}$
氧含量 (质量分数), %	$\leq$ 0.1

附录 C  
(规范性附录)

氮气 IG-100 的灭火浓度和最小设计灭火浓度

氮气 IG-100 的灭火浓度和最小设计灭火浓度如表 C.1 所示。

表 C.1 氮气 IG-100 的灭火浓度和最小设计灭火浓度

可燃物名称	灭火浓度 (体积%)	最小设计灭火浓度 (体积%)
丙酮	29.9	38.9
乙腈	26.7	34.7
100# 航空汽油	35.8	46.5
航空涡轮用煤油	36.2	47.1
1-丁醇	37.2	48.4
环己酮	42.1	54.7
2 号柴油	35.8	46.5
二乙醚	33.8	43.9
乙烷	29.5	38.4
乙醇	34.5	44.9
乙基醋酸脂	32.7	42.5
己烷	34.4	44.7
己烯	42.1	54.7
异丙基醇	31.3	40.7
甲烷	30.0	39.0
甲醇	41.2	53.6
丁酮	35.8	46.5
甲基异丁酮	32.3	42.0
辛烷	35.8	46.5
戊烷	32.4	42.1
石油醚	35.0	45.5
丙烷	32.3	42.0
标准汽油	35.8	46.5
甲苯	28.0	36.4
聚乙烯醋酸盐	34.4	44.7
真空管道油	32.4	42.1

附录 D  
(规范性附录)

氮气 IG-100 的惰化浓度和最小设计惰化浓度

氮气 IG-100 的惰化浓度和最小设计惰化浓度如表 D.1。

表 D.1 氮气 IG-100 的惰化浓度和最小设计惰化浓度

可燃物名称	惰化浓度 (%)	最小设计惰化浓度 (%)
甲烷	43.0	47.3
丙烷	49.0	53.9

附录 E  
(规范性附录)  
海拔高度修正系数

海拔高度修正系数如表 E.1 所示。

表 E.1 海拔高度修正系数

海拔高度 m	修正系数 (K)
-1000	1.11
0	1.0
1000	0.890
1500	0.835
2000	0.780
2500	0.725
3000	0.670
3500	0.615
4000	0.560
4500	0.505

附录 F  
(规范性附录)  
氮气 IG-100 的质量体积

氮气 IG-100 的质量体积如表 F.1。

表 F.1 氮气 IG-100 的质量体积

温度 t (°C)	质量体积 S (m <sup>3</sup> /kg)	每单位防护空间体积所需的氮气 IG-100 灭火剂体积, V 灭火剂/V 防护空间 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )							
		设计浓度 (体积百分比)							
		36%	38.30%	42%	46%	50%	54%	58%	62%
-20	0.7411	0.518	0.561	0.631	0.714	0.803	0.899	1.005	1.121
-10	0.7704	0.498	0.54	0.607	0.686	0.772	0.865	0.966	1.078
0	0.7997	0.480	0.52	0.585	0.661	0.744	0.833	0.931	1.038
10	0.8290	0.463	0.502	0.564	0.638	0.718	0.804	0.898	1.002
20	0.8583	0.447	0.485	0.545	0.616	0.693	0.777	0.868	0.968
30	0.8876	0.432	0.468	0.527	0.596	0.670	0.751	0.839	0.936
40	0.9169	0.418	0.453	0.510	0.577	0.649	0.727	0.812	0.906
50	0.9462	0.406	0.44	0.494	0.559	0.629	0.704	0.787	0.878
60	0.9755	0.394	0.427	0.479	0.542	0.610	0.683	0.763	0.851
70	1.0048	0.382	0.414	0.465	0.526	0.592	0.663	0.741	0.827
80	1.0341	0.371	0.402	0.452	0.511	0.575	0.645	0.720	0.803

**附录 G**  
**(规范性附录)**  
**灭火剂输送管道规格**

灭火剂输送管道规格如表 G.1 所示。

**表 G.1 灭火剂输送管道规格**

公称直径		高压系统		低压系统	
		封闭段管道	开口端管道	封闭段管道	开口端管道
(mm)	(in)	外径×壁厚 (mm×mm)		外径×壁厚 (mm×mm)	
15	1/2	22×4	22×4	22×4	22×3
20	3/4	27×4	27×4	27×4	27×3
25	1	34×4	34×4	34×4	34×3.5
32	1 1/4	42×5	42×5	42×5	42×3.5
40	1 1/2	48×5	48×5	48×5	48×3.5
50	2	60×5.5	60×5.5	60×5.5	60×4
65	2 1/2	76×7	76×7	76×7	76×5
80	3	89×7.5	89×7.5	89×7.5	89×5.5
90	3 1/2	102×8	102×8	102×8	102×6
100	4	114×8.5	114×8.5	114×8.5	114×6
125	5	140×9.5	140×9.5	140×9.5	140×6.5
150	6	168×11	168×11	168×11	168×7

**附录 H**  
**(资料性附录)**  
**用词说明**

- H. 1 执行本规范条文时，对规范内容要求严格程度的用词作如下规定，以便执行时区别对待。
- H. 1.1 表示很严格，非这样做不可的用词：
- a) 正面词采用“必须”；
  - b) 反面词采用“严禁”。
- H. 1.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
- a) 正面词采用“应”；
  - b) 反面词采用“不应”或“不得”。
- H. 1.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
- a) 正面词采用“宜”；
  - b) 反面词采用“不宜”；
  - c) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- H. 2 条文中规定应按指定的标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

附录 I  
(规范性附录)  
条文说明

I.1 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。

I.1.1 气体灭火系统的设置部位,应根据 GB 50016 和 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。

I.1.2 氮气 IG-100 为气态灭火剂,喷放时扩散快,不适用于局部保护系统,ISO 14520-13:2000 中也作了相应的规定,所以本条作了这样的限制,只针对全淹没灭火系统。

I.1.3 对于氮气 IG-100 的全淹没灭火系统由于钢铁、石化等企业因生产工艺需要有着大量的工业氮气,其工业氮气管网几乎遍布了钢铁、石化等企业的全部生产区,因此在这里规定了以工业管网常年保证气压为(0.8~3.0)MPa 的氮气主管道为气源的氮气 IG-100 全淹没灭火系统(工业管网供气系统形式);对于无氮气主管道为气源的防护区仍采用高压无缝钢瓶储存压力为 15MPa(20℃)、20MPa(20℃)的氮气 IG-100 全淹没灭火系统(钢瓶供气系统形式)。

I.2 4.1.1 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。

I.3 (4.1.2~4.1.3) 两条规定了 氮气 IG-100 灭火系统可用来扑救和不适合的火灾种类。其主要依据是国际标准 ISO 14520:2000 中的规定和氮气 IG-100 灭火系统的使用及多次试验的结论。对于以工业管网常年保证气压为(0.8~3.0)MPa 的氮气主管道为气源的氮气 IG-100 全淹没灭火系统(工业管网供气系统形式)根据钢铁、石化等企业几十年的火灾案例分析,自动灭火系统的防护范围主要集中在以下场所:变配电系统,电缆隧(廊)道、电缆夹层、电气地下室等电缆类火灾危险场所,液压站和润滑油库等可燃液体火灾危险场所,以及彩涂车间的涂料库、涂层室、涂料预混间等,对于这些区域的设置应按以下考虑:

I.3.1 对于钢铁、石化等企业的电气地下室、厂房内的电缆隧(廊)道、厂房外的连接总降压变电所的电 缆隧(廊)道、建筑面积大于 500m<sup>2</sup> 的电缆夹层。其中电气地下室较为特殊,布置有密集电缆和电气设备,甚至还有油类设备,火灾危险性很大,一旦发生火灾,其火灾危害也很大。对于电缆夹层,根据几十年来钢铁企业的设计和 实践,大于 500m<sup>2</sup> 的多为重要建筑、火灾负荷大且火灾危害性大,因此大于 500m<sup>2</sup> 的电缆夹层应设氮气 IG-100 灭火系统。水基灭火系统(如水喷雾、细水雾)都需要水泵加压,当发生火灾时,往往出现大面积停电,2007 年 5 月 24 日,国内某钢铁集团公司就出现了发生火灾动力电跳闸,水基灭火系统无法启动的现象,数千万投资成为摆设。根据钢铁企业成功与失败的火灾扑救案例和反复论证,可以肯定:电缆火灾的危险场所设置氮气 IG-100 灭火系统是安全可靠,并具有良好的灭火效果。

I.3.2 对于地面的液压站及润滑油库在钢铁、石化等企业非常多,根据目前设计的实际情况,重要的地上液压站储油量均在 10 m<sup>3</sup> 以上,一旦发生火灾,不及时扑救控制将严重危害生产和设备,因此规定储油量大于等于 10 m<sup>3</sup> 的地面封闭式液压润滑油库宜设氮气 IG-100 灭火系统。地下液压润滑油库往往储油量大,发生火灾后的破坏性大,可能导致厂房结构的重大损毁或造成火灾的极大蔓延,另外产生的大量烟雾还将对厂房区域的各种设备造成二次损失。因此本规范规定储油量大于等于 2m<sup>3</sup> 的应设氮气 IG-100 灭火系统。

I.3.3 由于地下油管廊往往布置有输油管线、储油间和阀台等工艺设施,发生火灾后易于蔓延扩大,不易控制,因此考虑储存的油类总容量大于等于 10m<sup>3</sup> 的此类场所应设氮气 IG-100 灭火系统。



I.3.4 对于地上架空设置的液压润滑站，如高炉炉顶液压站、高炉炉前液压站等，往往其火灾的扑救控制困难，易造成对周边区域设备或建筑的损毁，因此本条规定储油量大于等于  $2\text{m}^3$  的应设氮气 IG-100 灭火系统。

I.3.5 近年来，彩涂车间建设较多，而彩涂车间的涂料库、涂层室、涂料预混间等大量使用油漆等易挥发可燃液体，火灾危险性大，本条规定这些场所应设氮气 IG-100 灭火系统。

I.4 4.2.1 条规定了氮气 IG-100 灭火系统防护区的具体条件，参考了国内外对其他灭火系统的有关规定以及从经济性和可靠性考虑规定了防护区的大小。

I.5 4.2.3 条参照 GB 50016 对非燃烧体及吊顶的耐火极限要求，并根据氮气 IG-100 灭火系统完全灭火所需要的时间和全淹没防护区的要求而制订的。

I.6 4.2.4 条参照 GB 50370 的规定：防护区围护结构承受内压的允许压强，不宜低于  $1200\text{Pa}$ 。

I.7 4.2.8 条规定的泄压口面积计算公式由 GB/T8163 中的公式经单位变换，结合氮气 IG-100 喷放的具体特点而得出。实践证明，按该公式计算的泄压口面积并不影响氮气 IG-100 喷放时在防护区建立起规定的灭火浓度。

I.8 4.2.9 条规定参照 ISO 6183、BS 5306 和 NFPA 12 等标准，规定了全淹没系统防护区的封闭条件。

开口面积的大小，等效采用 ISO 6183 规定：对于在灭火过程中不能自行关闭的开口面积不应大于防护区总表面积的 3 %。

I.9 4.3.3 条给出了由灭火浓度确定灭火设计浓度的原则，其来源于 NFPA 2001。

I.10 4.3.4 条规定了对于几种可燃物共存或混合时，确定灭火设计浓度或惰化设计浓度的原则。

I.11 4.3.5 条是根据 ISO 14520-1: 2000 中 7.8 条的规定，提出了确定氮气 IG-100 灭火时抑制时间的一般原则。

I.12 4.3.6 条为确定氮气 IG-100 灭火系统灭火剂设计用量的基本原则。

I.13 4.3.7 条的公式是 NFPA 2001 (2004 年版) 规定的非液化气体全淹没灭火设计用量计算公式，并增加了开口补偿系数。

I.14 4.3.8 条规定了氮气 IG-100 灭火系统供气管网的供气能力，以满足灭火系统的药剂需要量。

I.15 4.3.9 条规定了氮气 IG-100 灭火系统在大面积停电的情况下，供气管网的最小储存量。

I.16 4.4 条规定了启动控制装置的设置及存放场所的技术要求。

I.17 4.5.1 条对管网的布置设计提出了相关的要求：

I.17.1 本条规定了喷头数量与防护区面积的关系。

I.17.2 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  $1.5\text{m}$  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。

I.17.3 防止灭火剂喷放使可燃液体溅出。

I.17.4 因为四通分流时流体流向不同而阻力系数相差悬殊，影响到流量分配严重不均，为使计算结果与实际结果靠近，因而本条作了这样的规定。

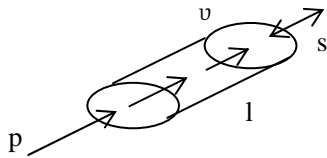
I.18 4.5.2 条氮气 IG-100 灭火系统是气态单相可压缩非稳态流，为保证氮气 IG-100 灭火剂的均匀分布，有效实施灭火，系统必须进行精确的计算，本规范给出的管网压力损失计算公式的是按以下方法推导出来的：IG100 气体灭火系统中的管道流动均为单相流动，计入摩擦损失的等损失的等熵一元流动，于是可建立气体管内流动的流动的流动方程。

从微元流束中沿轴线  $S$  任取  $ds$  段，应用理想流体欧拉运动微分方程，即可得到：

$$\frac{\partial v_s}{\partial t} = 0 \qquad \frac{\partial p}{\partial s} = \frac{dp}{ds} \qquad \frac{\partial v_s}{\partial s} = \frac{dv_s}{ds}$$

$$s - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} = \frac{\partial v_s}{\partial t} = \frac{dv_s}{dt} + \frac{\partial v_s ds}{\partial s dt}$$

对于恒定一元流动:  $p + \frac{\partial p}{\partial s} ds \dots\dots\dots (I.1)$



若质量仅为重力，气体在同介质中流动，浮力与重力平衡，不计质量力 S，则得：

$$\frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} + v \frac{dv}{ds} = 0$$

于是  $\frac{dp}{\rho} + v dv = 0 \dots\dots\dots (I.2)$

气体沿等截面管道流动时，由于摩擦阻力的存在，使其压强、密度沿程有所改变。因而气流速度程也将变化。这样使计算摩擦阻力的达西公式不能用于全长  $l$  上，只能适用于  $dl$  微段上，于是微段  $d$  上的单位质量气体摩擦损失为：

$$dhf = \lambda \frac{dl}{D} \frac{v^2}{2} \dots\dots\dots (I.3)$$

将其加到理想气体一元流动的欧拉微分方程（15）中，便得到了实际气体的一元运动微分方程：

$$\frac{dp}{\rho} + v dv + \frac{\lambda}{2D} v^2 dl = 0 \dots\dots\dots (I.4)$$

式中：

$\lambda$  ——气流的摩擦阻力系数，实用中仍可用不可压缩流体的  $\lambda$  近似；

$\rho$  ——气体密度，单位为公斤每立方米（ $\text{kg}/\text{m}^3$ ）；

$D$  ——管道内径，单位为米（ $\text{m}$ ）。

在 IG100 惰性气体灭火系统中，IG100 灭火系统中的管道流动均为单相流动，可近似按计入摩擦损失绝热（等熵）流动处理。公式（18）中的密度  $\rho$  用等熵绝热过程方程式  $p / \rho^k = C$  求得

$$\rho = c^{\frac{1}{k}} p^{\frac{1}{k}} \qquad v = \frac{Q}{\rho A}$$

代入（18）式，并用  $v^2$  除之得：

$$\frac{A^2}{Q^2} C^{\frac{1}{k}} p^{\frac{1}{k}} dp + \frac{dv}{v} + \frac{\lambda}{2D} dl = 0$$

将 (18) 式对长度为 1 的 1、2 两断面进行积分得:

$$\frac{A^2}{Q^2} C^{\frac{1}{k}} \int_{p_1}^{p_2} p^{\frac{1}{k}} dp + \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} + \frac{\lambda}{2D} \int_0^1 dl = 0$$

$$\frac{k}{k+1} C^{\frac{1}{k}} [p_1^{\frac{k+1}{k}} - p_2^{\frac{k+1}{k}}] = \frac{Q^2}{A^2} [\ln \frac{v_2}{v_1} + \frac{\lambda}{2D} l]$$

在实际应用中, 认为对数项  $\ln \frac{v_1}{v_2}$  较摩擦损失项小, 可忽略, 上式变为:

$$[p_1^{\frac{k+1}{k}} - p_2^{\frac{k+1}{k}}] = \frac{k+1}{k} C^{\frac{1}{k}} \frac{\lambda Q^2}{2DA^2}$$

将  $C = \frac{p}{\rho^k}$  代入并简化所得:

$$p_2 = [p_1^{\frac{k+1}{k}} - \frac{k+1}{k} \frac{p}{\rho} \frac{\lambda Q^2}{2DA^2}]^{\frac{k}{k+1}} \dots\dots\dots$$

(I.5)

式中:

- P1——1 断面压强, 单位为兆帕, (MPa);
- P2——2 断面压强, 单位为兆帕, (MPa);
- P ——1 断面密度, 单位为公斤每立方米 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
- k——混合气体绝热指数, 自然数;
- $\lambda$  ——气体摩擦阻力系数, 自然数;
- Q——气体质量流量, 单位为公斤每秒 ( $\text{kg}/\text{s}$ );
- D——管道内径, 单位为米 (m);
- l——计算管长 (为实际长度与附件当量长度之和), 单位为 (m);
- A——管段截面积, 单位为平方米 ( $\text{m}^2$ ).

下面推导 IG100 气体的  $\lambda$  值及  $\kappa$  值:

$\lambda$  值的计算: 由于混合气体的流动处于平方区, 故采用粗糙区的希弗要公式:

$$\lambda = 0.11 \left( \frac{k}{D} \right)^{0.25} \dots\dots\dots$$

(I.6)

式中:

- K——工业管道当量糙粒高度 (mm) 单位为毫米 (mm), (普通镀锌钢管取  $K=0.39\text{mm}$ );
  - D—— 见上式。
- 不同钢管取 K 值见表 I.1。

表 I.1

管道材料	管道状况	K/mm	管道材料	管道状况	K/mm
铜铅等有色金属管道	新的, 技术光滑	0.0001~0.0007	普通镀锌钢管		0.39

无缝钢管	新的, 清洁的	0.014	铆合钢管	简易铆合	0.5~3.0
	使用几年后的	0.2		加强铆合	到 90

K 值的计算: 由  $k = \frac{C_p}{C_v}$  (其中  $C_p$  为定压比热容,  $C_v$  为定容比热容) 求得。查表得: 20℃时  $N_2$  的

$$C_p = 2.91J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$$

由于  $C_p - C_v = R = 8.314J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$$\text{因此 } k = \frac{C_p}{C_v} = 1.4$$

由 (I.6) 式可知, 对于普通镀锌钢管,  $k=0.39mm$ , 则

$$\lambda = 0.11\left(\frac{k}{D}\right)^{0.25} = 0.11\left(\frac{0.39}{D}\right)^{0.25} = \frac{0.0869}{D^{0.25}}$$

将  $\lambda = \frac{0.0869}{D^{0.25}}$ ,  $k=1.4$  及  $A = \frac{\pi}{4} D^2$  代入公式 (I.5) 并将 1 段面设为  $n$ 、2 段面设为  $n+1$  即得:

$$p_{n+1} = \left( p_n^{1.714} - \frac{0.121 p_n^{0.714} l Q^2}{\rho_n D^{5.25}} \right)^{0.417} \dots\dots\dots$$

(I.7)

式中:  $P_n$  ——管道入口计算截面压强, 单位为兆帕, (MPa);

$P_{n+1}$  ——管道出口计算截面压强, 单位为兆帕, (MPa);

$\rho_n$  ——管道入口计算截面密度, 单位为公斤每立方米 ( $kg/m^3$ );

$\rho_{n+1}$  ——管道出口计算截面密度, 单位为公斤每立方米 ( $kg/m^3$ );

$l$  ——计算管长 (为实际与附件当量长度之和), 单位为米 (m)。

I.19 5.2 条所列各项规定了氮气 IG-100 灭火剂储存装置的基本要求; 目的是为了达到氮气 IG-100 灭火系统组件组合后所必备的灭火技术要求及装置运行过程中的安全性要求。

I.20 5.3 条所列各项规定了启动控制装置所必备的功能及在系统设计时的基本要求。

I.21 5.4 条所列各项规定了氮气 IG-100 灭火系统管网和喷嘴的具体技术要求, 是为了保证系统质量及安全所必须遵守的。

I.22 6.1 条规定了火灾自动报警系统应符合的质量标准。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 GB 50116 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。

I.23 6.2 条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、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。

I.24 6.3 条对于有人工作的防护区, 一般采用手动控制方式较为安全。

I.25 6.4 条长期工作时报警系统有可能出现误报, 为了避免误报引起的系统误动作, 本条规定了两个独立的火灾信号才能启动灭火系统。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 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。而对于发生电缆隧道、变压器室、开关室等电气火灾，火灾初期是电缆、设备部件发热，在火灾探测器的选择上，应考虑采用一条分布式光纤实现温-温的两个独立火灾信号的组合，而提早灭火控制的启动时间，同时也降低了投资。

I. 26 6.6 条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。

I. 27 7.1 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。

I. 28 (7.5~7.6) 条参照了其它灭火剂的系统安全要求而定，尽管氮气 IG-100 在喷放时对人身不产生直接伤害，但是考虑到火灾发生时烟气对人体的危害，及给现场人员造成的心理上的压力和本能反应及其可能的后果，本规范仍然作出了对疏散通道、应急照明、产生火灾时的声光报警等基本要求。

I. 29 7.7 条灭火后，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。

I. 30 7.8 条排风管不能与通风循环系统相连。

I. 31 7.11 条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。