

工业阻火器

郑学志 沈桂焯著

石油工业出版社

工 业 阻 火 器

郑学志 沈桂煥 著

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是《全国高等院校介绍》丛书六个分册之一，详细地介绍了32所综合大学和10所民族学院的基本情况、历史沿革、专业设置和主要特点，适合于参加高考的高中毕业生、知识青年和家长、老师参阅。对于有兴趣了解我国高等院校情况的读者，也是适宜的。

全 国 高 等 院 校 介 绍

综 合 院 校

《全国高等院校介绍》编辑小组

封面设计：赵兴东

科学普及出版社出版（北京白石桥紫竹院公园内）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

通县向阳印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：3 3/4 插页：8 字数：81千字

1983年3月第1版 1983年3月第1次印刷

印数：1—33,000册 定价：0.43元

统一书号：17051·1018 本社书号：0693

42116

目 录

第一章 阻火器的性能	1
1-1 阻火器使用特点	1
1-2 阻火器应用范围	1
1-3 阻火器的阻火机理	1
第二章 阻火器的种类与选择	3
2-1 气体燃烧特性与阻火器的关系	3
2-2 阻火器的种类	5
2-3 阻火器产品介绍	11
第三章 阻火器的设计	16
3-1 阻火器火焰速度的计算	16
3-2 阻火器壳体的计算	19
3-3 阻火器的阻火层计算	21
3-4 充填型阻火器的设计	25
3-5 阻火器的防冻措施	26
3-6 阻火器计算实例	29
第四章 阻火器压力降计算图	31
4-1 金属网型阻火器的压力降计算图	31
4-2 波纹型阻火器的压力降计算图	32
4-3 多孔板型阻火器的压力降计算图	35
4-4 充填型阻火器的压力降计算图	35
4-5 阻火器压力降计算图应用实例	37
第五章 阻火器的测试	39
5-1 阻火器测试的要求	39
5-2 阻火器测试标准的介绍	40
5-3 阻火器测试方法的研究	42
主要参考文献	55

第一章 阻火器的性能

1-1 阻火器使用特点

阻火器又名防火器，是用来阻止易燃气体和易燃液体蒸汽的火焰蔓延的安全装置。

早在1928年阻火器就已被应用在石油工业中，以后又广泛应用于矿山、煤矿、水运及化学工业中。

在石油工业中，阻火器被广泛应用在石油及石油产品的储罐上。当储存轻质石油产品的油罐遇到明火或雷击时，就可能引起火灾。为了防止这种危险的产生而使用阻火器。

阻火器也常用在输送易燃气体的管道上。假若易燃气体被引燃，气体火焰就会传播到整个管网。为了防止这种危险的发生，也要采用阻火器。

阻火器也可以使用在有明火设备的管线上，以防止回火事故。但它不能阻止敞口燃烧的易燃气体和液体的明火燃烧。

1-2 阻火器应用范围

- (1) 输送易燃和可燃气体的管道；
- (2) 储存石油及石油产品的油罐；
- (3) 有爆炸危险系统的通风管口；
- (4) 油气回收系统；
- (5) 去加热炉燃烧气体的管网；
- (6) 内燃机排气系统；

(7) 火炬系统。

1-3 阻火器的阻火机理

大多数阻火器是由能够通过气体的许多细小、均匀或不均匀的通道或孔隙的固体材质所组成，对这些通道或孔隙要求尽量的小，小到只要能够通过火焰就可以。这样，火焰进入阻火器后就分成许多细小的火焰流被熄灭。火焰能够被熄灭的机理是传热作用和器壁效应。

(1) 传热作用

阻火器能够阻止火焰继续传播并迫使火焰熄灭的因素之一是传热作用。我们知道，阻火器是由许多细小通道或孔隙组成的，当火焰进入这些细小通道后就形成许多细小的火焰流。由于通道或孔隙的传热面积很大，火焰通过通道壁进行热交换后，温度下降，到一定程度时火焰即被熄灭。根据英国罗卜尔(M. Roper)对波纹型阻火器进行的试验表明，当把阻火器材料的导热性提高 460 倍时，其熄灭直径（即火焰熄灭的通道直径）仅改变 2.6%。这说明材质问题是次要的。也就是说传热作用是熄灭火焰的一种原因，但不是主要的原因。

罗卜尔用涂胶的褐色纸制成一个波纹型阻火器，经过五次试验，仅仅是正对火焰前面的纸的边缘弯曲了，部分的通道被堵塞，但是纸并没有碳化。以后又换用聚氯乙烯制成的阻火器进行试验也取得了类似的结果。因此，对于作为阻爆用的阻火器来说，其材质的选择不是太重要的。但是在选用材质时应考虑其机械强度和耐腐蚀等性能。

(2) 器壁效应

根据燃烧与爆炸连锁反应理论，认为燃烧与爆炸现象不是分子间直接作用的结果，而是在外来能源（热能、辐射

能、电能、化学反应能等)的激发下,使分子键受到破坏,产生具备反应能力的分子(称为活性分子),这些具有反应能力的分子发生化学反应时,首先分裂为十分活泼而寿命短促的自由基。化学反应是靠这些自由基进行的。自由基与另一分子作用,作用的结果除了生成物之外还能产生新的自由基。这些新的自由基迅速参与分子反应后又产生新的自由基。这样自由基又消耗又生成如此不断地进行下去。可知易燃混合气体自行燃烧(在开始燃烧后,没有外界能源的作用)的条件是:新产生的自由基数等于或大于消失的自由基数。当然,自行燃烧与反应系统的条件有关,如温度、压力、气体浓度、容器的大小和材质等。

随着阻火器通道尺寸的减小,自由基与反应分子之间碰撞几率随之减少,而自由基与通道壁的碰撞几率反而增加,这样就促使自由基反应减低。当通道尺寸减小到某一数值时,这种器壁效应就造成了火焰不能继续进行的条件,火焰即被阻止。

由此可知,器壁效应是阻火器阻止火焰作用的主要机理。由此点出发,可以设计出各种结构形式的阻火器,满足工业上的需要。

第二章 阻火器的种类与选择

2-1 气体燃烧特性与阻火器的关系

阻火器的选用与气体燃烧的特性有直接的关系,气体燃烧速度和熄灭直径等都直接关系到阻火器阻止火焰的能力。

火焰传播速度亦称燃烧速度，是衡量可燃气体燃烧快慢的参数。火焰是指可燃气体与空气混合后燃烧时的燃烧反应带，火焰传播速度，是指火焰前沿面沿着其法线方向朝邻近未燃气体移动的速度。

气体燃烧速度是气体的一种特性，不同气体有不同的燃烧速度。燃烧速度的快慢，主要决定于气体性质、温度和压力。但是在输送管道内发生爆炸时，火焰传播速度比燃烧速度快。

几种气体在常温、常压下的燃烧速度值列于表1。表中主要列出饱和烃和易燃气体的燃烧速度，其中乙烯、城市煤

表1 几种气体的标准燃烧速度和熄灭直径

气 体 名 称	标准燃烧速度 (米/秒)	熄灭直径(毫米)
甲 烷 / 空 气	0.365	3.68
丙 烷 / 空 气	0.457	2.66
丁 烷 / 空 气	0.326	2.79
己 烷 / 空 气	0.396	3.05
乙 烯 / 空 气	0.701	1.90
城市煤气/空气	1.127*	2.03**
乙 炔 / 空 气	1.767	0.78
氢 / 空 气	3.352	0.86
丙 烷 / 氧	3.962	0.38
乙 炔 / 氧	11.277	0.13
氢 / 氧	11.887	0.30

* 含氢63%的城市煤气。

** 含氢51%的城市煤气。

气、乙炔和氢的燃烧速度最大。在设计阻火器时可以用丙烷/空气混合气体为代表，因为它可以适用于大多数的饱和烃和易燃气体，但不适用于燃烧速度更快的易燃气体。

特别应该指出，对乙炔气体应该另外考虑。由于它具有许多不同于一般易燃气体的特性，影响乙炔气体爆炸危险性的因素很多，因此它不能按一般饱和烃气体来考虑。

气体熄灭直径是气体的一种特性。气体最小的熄灭直径是指火焰在此直径的通道内不能继续传播。

气体的熄灭直径直接关系到阻火器阻火效能。事实上阻火器内阻火层上的通道或孔隙直径可采用气体熄灭直径，但是实验证明爆燃的火焰速度比标准燃烧速度又要快得多，所以阻火层上的通道或孔隙直径应更小一些才有效。阻火层上的通道或孔隙直径一般可选用气体熄灭直径的一半。当然也可以增加阻火层的厚度来提高阻火器的有效性。

2-2 阻火器的种类

(1) 按阻火器用途分类

1. 阻爆型阻火器 阻火器的主要功能是阻止通过由于雷击或燃烧而引起的火花或火焰。从而避免导致爆炸或燃烧的发生。

2. 耐烧型阻火器 阻火器的主要功能是阻止燃烧气体的火焰通过，同时阻火器能够承受一定时间的火焰燃烧。

3. 阻爆燃型阻火器 阻火器的主要功能是阻止爆燃的火焰通过。从而避免易燃气体的燃烧。

4. 特殊用途的阻火器 阻火器主要使用于有特殊要求的设备上，如油轮、汽车和油槽车等。

(2) 按阻火器的结构形式分类

1. 金属网型阻火器 (图 1) 阻火器的阻火层是用单层或多层不锈钢丝网或铜丝网重叠起来组成的。随着金属网层的增加, 阻火的效果也随之增加。但是达到一定层数之后再增加金属网的层数, 效果并不显著。金属网的目数 (表 2) 也直接关系到金属网的层数和阻火性能。一般说来, 目数多的金属网与目数少的金属网相比较, 在层数上前者比后者少。但是金属网的目数过多, 即网上的孔眼过小, 就增大了流体

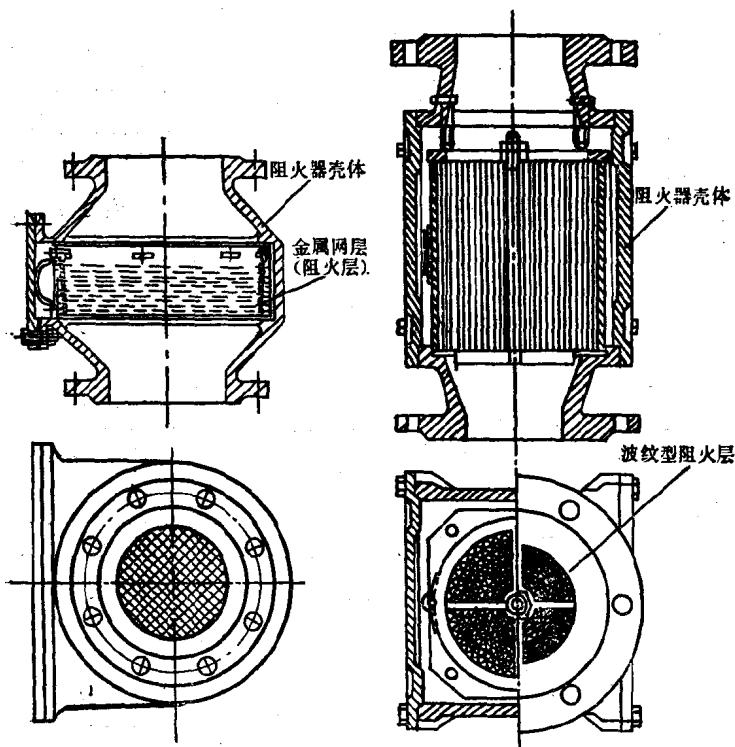


图 1 金属网型阻火器

图 2 波纹型阻火器

表 2

几种规格的金属网

金属网的目数 (每25.4毫米 长度内孔眼数)	孔 眼 宽 度 (毫米)	金属网丝直径 (毫米)	金 属 网 有 效 面 积 比
18	1.06	0.38	0.56
28	0.53	0.38	0.34
30	0.58	0.28	0.34
40	0.40	0.22	0.40
60	0.25	0.17	0.34
80	0.20	0.13	0.35

阻力,反而容易堵塞,降低了阻火层的性能。国内常采用16目~22目的金属网作阻火层。国外也有采用30目和40目的金属网作阻火层的。

2. 波纹型阻火器(图2) 阻火器内的阻火层常用不锈钢或铜镍合金压制成波纹状分层组装而成。波纹型阻火层有两种组成形式:一是由两个方向折成的波纹形的薄板材料组成。波纹的作用是分隔成层并形成许多小的孔隙,这样就形成许多小的通道。另一种形式的波纹型阻火层是在两层波纹形薄板之间加一层厚度0.3~0.47毫米扁平的薄板,使之形成许多小的三角形的通道,更利于阻止火焰。一般波纹高度为0.43~1.5毫米,波纹底宽为0.86~4毫米。波纹层厚12毫米左右,总的层厚可达80毫米。可以用几个波纹层组装成一个整体,层与层之间不允许留有间隙。

波纹型阻火器阻火层上孔隙的有效截面积一般不得小于阻火器截面积的80%。这样能够提高波纹型阻火器的阻火效果。

3. 泡沫金属阻火器(图3) 阻火器的阻火层用泡沫金属制成。泡沫金属是一种新材料,由多种金属组成,其中以



图3 泡沫金属内部结构图

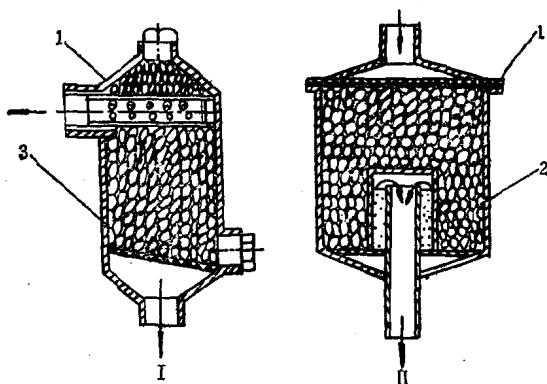
镍、铬合金为主，其结构同多细孔的泡沫塑料相似。铬的含量不少于15%，不大于40%，组成阻火层材质的密度不小于0.5克/厘米³。这种阻火器的优点是阻爆性能好，体积小重量轻，便于安装和置换。缺点是对泡沫金属内部孔隙的检查比较困难。

4. 平行板型阻火器 阻火器的阻火层由不锈钢薄板垂直平行排列而成，板间隙在0.3~0.7毫米间，这样就形成许多细小的孔道。这种结构有利于承受较猛烈的爆炸。它易于制造和清扫，但体积较重，流阻较大，适用于煤矿和内燃机排气系统。

5. 多孔板型阻火器 阻火器的阻火层用不锈钢薄板水平方向重叠而成，板上有许多细小的缝隙或许多细小的孔眼，这样就形成了有规律的通道。板与板之间有0.6毫米的间隙，形成固定的间距。此种型式的阻火器比金属网型阻火器

的阻力小，不能承受猛烈的爆炸。

6. 充填型阻火器（图4） 阻火器的阻火层是充填堆积于壳体之内的金属颗粒或砾石颗粒。在一定长度的壳体内可充满直径5毫米的金属球。金属球层的上面和下面分别由孔眼为2毫米的金属网作为支撑网架。利用充填层颗粒之间的孔隙作为阻止火焰的通道，吸收大量的热量。



I—金属球型阻火器 II—带水封的砾石型阻火器

图4 充填型阻火器

1-阻火器壳体；2-砾石充填层；3-金属球充填层

例如直径150毫米的壳体内充填100毫米厚的砾石层（砾石直径3~4毫米）作为阻火层。它适用于丙酮、苯及甲苯。若用于二硫化碳时壳体内充填层高为200毫米左右。

充填型阻火器也可选用玻璃球和陶瓷圈作为阻火层。用于矿井瓦斯排出管道上的充填型阻火器是用直径4毫米的玻璃球充填200毫米厚作为阻火层。用于乙炔气体、氢气的阻火层，玻璃球直径不大于0.5~1毫米，充填层高度不低于80毫米。

7. 水封型阻火器 水封型阻火器利用水柱作为水封层, 因为水封层可以吸收大量的热能熄灭火焰, 防止回火。水柱的高度应能承受最大操作压力。水封型阻火器可分开式(低压)和闭式(中压)两种。开式直接通向大气, 适用于压力不超过1000毫米水柱。闭式水封阻火器适用压力不超过1000~7000毫米水柱, 在特殊情况下, 不得超过15000毫米水柱。水封型阻火器广泛应用于化学工业、火炬系统、天然气、城市煤气和焦炉煤气系统以及乙炔发生器上。

(3) 几种不同类型阻火器的比较

几种不同类型阻火器的比较见表3。

表3 几种不同类型阻火器的比较

阻火器名称	优点	缺点	适用范围
金属网型阻火器	结构简单, 容易制造, 造价低廉	阻爆范围小, 易于损坏, 不耐烧	石油储罐, 输气管道, 油轮
波纹型阻火器	使用范围大, 流体阻力小, 能阻止爆燃火焰, 易于置换和清洗	结构较复杂, 造价较高	石油储罐, 油气回收系统, 气体管道等
泡沫金属阻火器	阻爆性能好, 体积较轻, 易于制造, 便于安装	检查孔隙困难, 孔隙度不易达到要求	飞机, 石油化工系统
多孔板型阻火器	阻爆性能好, 机械强度高, 易清洗, 结构简单	耐烧性差, 重量大, 阻力大, 造价较高, 不能承受猛烈爆炸	汽车, 柴油机排气系统
充填型阻火器	孔隙小, 结构简单, 易于制造	阻力大, 易于阻塞, 重量大	煤矿、乙炔, 化学溶剂火焰
水封型阻火器	简单易行	使用范围小, 有局限性	定向火焰, 火炬系统, 化学工业

2-3 阻火器产品介绍

国内外生产的阻火器有几种代表性的产品，现介绍如下。

1. 与呼吸阀进出口同体连接的阻火器（图5）

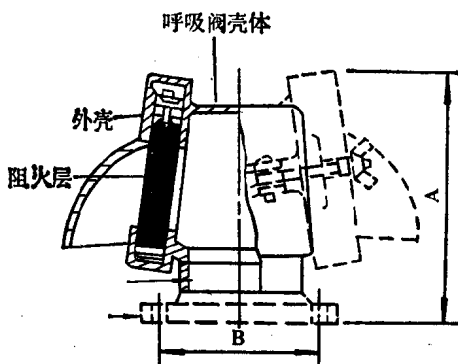


图5 与呼吸阀进出口同体连接的阻火器

与呼吸阀进出口同体连接的阻火器规格见表4。

表4 与呼吸阀进出口同体连接的阻火器规格表

管子公称直径 (毫米)	连接方法	A (毫米)	B (毫米)	重量(公斤)
50	丝扣或法兰	186		6.8
80	法 兰	190		15
100	法 兰	237		23.6
150	法 兰	447	240	81.6
200	法 兰	560	295	124.7
250	法 兰	737	355	181.4

2. 多孔板型阻火器（图6）

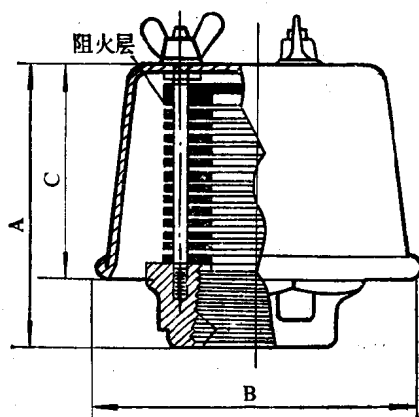


图 6 多孔板型阻火器

多孔板型阻火器规格见表 5。

表 5 多孔板型阻火器规格表

管子公称 直径(毫米)	连接方法	A(毫米)	B(毫米)	C(毫米)	重量(公斤)
25	丝 扣	73	86	50	0.9
50	丝 扣	110	150	100	2.3
80	丝 扣	130	170	100	2.7

3. 管道单向阻火器 (图 7)

管道单向阻火器规格见表 6。

4. 管道双向阻火器 (图 8)

管道双向阻火器规格见表 7。

5. 蒸汽夹套式管道双向防冻阻火器 (图 9)

蒸汽夹套式管道双向防冻阻火器规格见表 8。

6. 国产金属网型阻火器 (图10)

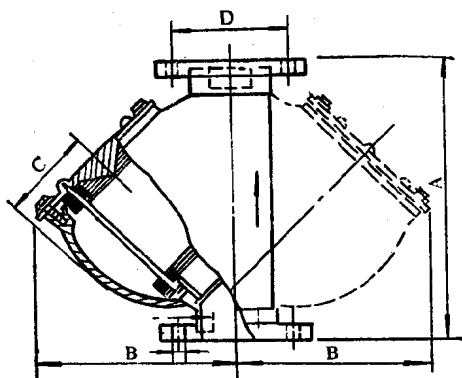


图7 管道单向阻火器
管道单向阻火器规格表

表6

管子公称直径(毫米)	连接方法	A (毫米)	B (毫米)	C (毫米)	D (毫米)	重量 (公斤)
25	丝扣	170	122	58		1.8
50	法兰	265	180	89	145	6.8
80	法兰	320	230	107	160	9.1
100	法兰	340	234	107	180	14.5

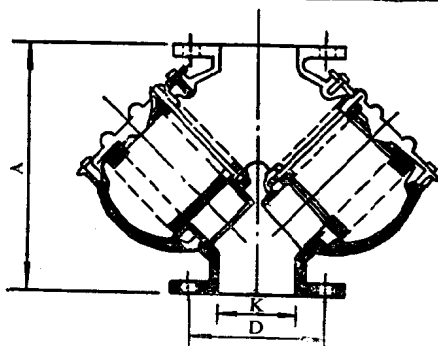


图8 管道双向阻火器