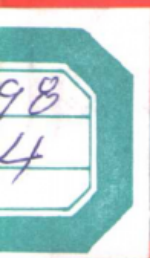
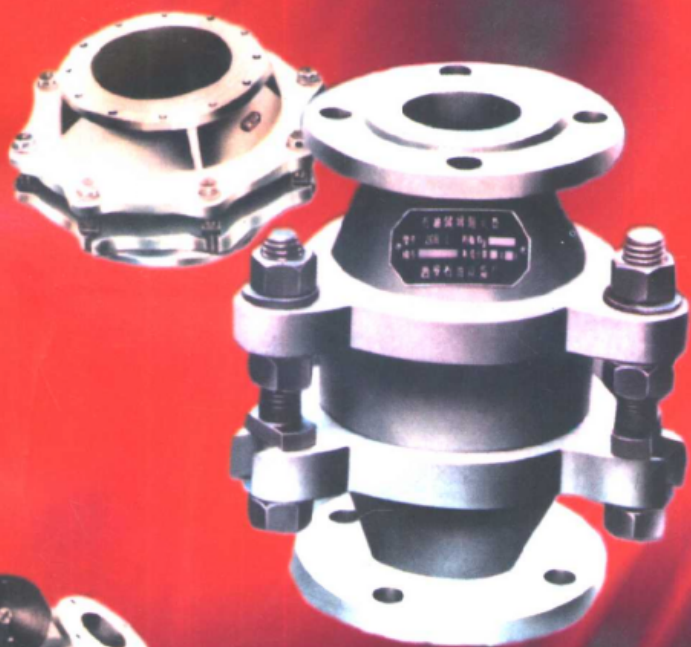


防爆阻火器

郑学志 陈 钰 毕载俊 编著



中國石化出版社

责任编辑 侯玉良 封面设计 况 晗 责任校对 蔡 敏

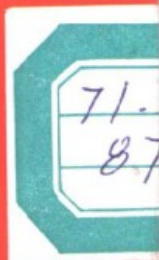
ISBN 7-80043-709-4



9 787800 437090 >

ISBN 7-80043-709-4/X·002

定价：6.00 元



71.298

8784

B004 8/01

防爆阻火器



中国石化出版社

024

内 容 提 要

本书为了工程技术发展的需要,阐述了国内外各种类型防爆阻火器的阻火性能、机理、设计计算方法、测试标准及选择使用阻火器的技术要求,是一本理论与经验结合的基础用书。可供石油、化工、运输、仓储、油品储运、煤矿等系统从事安全防爆工程设计的技术人员阅读,也可作为安全技术教育用书。

图书在版编目(CIP)数据

防爆阻火器/郑学志等编著. —北京:中国石化出版社,1997

ISBN 7-80043-709-4

I. 防… II. 郑… III. 阻火器, 防爆 IV. TU998.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 16116 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)64241850

中国石化出版社排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 3.75 印张 83 千字 印 1—3000

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

定价:6.00 元

目 录

第一章 阻火器的阻火机理.....	1
1-1 气体燃烧与爆炸	1
1-2 气体熄灭直径的特性	4
1-3 阻火器的阻火机理	8
第二章 阻火器选型与结构	11
2-1 阻火器使用特点	11
2-2 阻火器应用范围	11
2-3 阻火器的种类	12
2-4 阻火器的选型	13
2-5 阻火器的结构	32
第三章 阻火器的设计	40
3-1 阻火器设计与火焰速度的关系	40
3-2 阻火器壳体设计	44
3-3 阻火器阻火层的设计	47
3-4 充填型阻火器的设计	51
3-5 水封式阻火器的设计	52
3-6 阻火器的防冻措施	53
第四章 车用阻火器	58
4-1 车用阻火器的特点	58

4-2	车用阻火器的结构	59
4-3	车用阻火器性能要求	62
第五章	阻火器压力降计算	66
5-1	阻火器压力降测试方法	66
5-2	金属网型阻火器压力降计算	70
5-3	波纹型阻火器压力降计算	71
5-4	多孔板型阻火器压力降计算	72
5-5	充填型阻火器压力降计算	73
5-6	阻火器压力降计算图应用实例	74
第六章	阻火器性能测试	79
6-1	阻火器性能测试要求	79
6-2	阻火器性能测试标准	80
6-3	阻火器性能测试方法的研究	83
附录 1	气体或蒸气爆炸性混合物分级	105
附录 2	阻火层波纹高度与压力的关系图	114
附录 3	阻火层波纹高度与温度的关系图	114
参考文献		115

第一章 阻火器的阻火机理

1-1 气体燃烧与爆炸

气体的燃烧要同时具备三个条件,可燃气体、空气(或氧气)和点火源,才可以发生气体燃烧。气体在燃烧过程中放出光和热,不同气体有不同的燃烧热值,见表 1-1。

表 1-1 常用气体燃烧热值

名 称	分子式	燃烧热值/ (J/mol)	名 称	分子式	燃烧热值/ (J/mol)
氢	H ₂	2.43×10^5	丁烷	C ₄ H ₁₀	2.66×10^6
乙炔	C ₂ H ₂	1.27×10^6	异丁烷	C ₄ H ₁₀	2.65×10^6
二氧化碳	CS ₂	1.04×10^6	戊烷	C ₅ H ₁₂	3.25×10^6
一氧化碳	CO	2.84×10^5	己烷	C ₆ H ₁₄	3.85×10^6
甲烷	CH ₄	8.05×10^5	苯	C ₆ H ₆	3.15×10^6
乙烷	C ₂ H ₆	1.41×10^6	甲苯	CH ₃ C ₆ H ₅	3.75×10^6
乙烯	C ₂ H ₄	1.31×10^6	二甲苯	C ₈ H ₁₀	4.36×10^6
丙烷	C ₃ H ₈	1.93×10^6	丙烯	C ₃ H ₆	1.93×10^6

气体的燃烧速度随气体的性质不同而有差异。单一的气体燃烧(如氢气)只需受热氧化等过程,而混合气体(如天然气等)要经过受热、分解、氧化等过程才能开始燃烧,因此单一气

体的燃烧速度要比混合气体快。

气体在燃烧过程中,扩散燃烧速度的大小取决于气体的扩散速度,而混合气体燃烧速度要取决于气体的化学反应速度。混合燃烧速度应大于扩散燃烧速度,所以气体的燃烧性能,常以火焰传播速度的大小为尺度。

气体火焰传播速度随着管道直径大小的不同,测试的速度也不同。一般随着管径的加大而增加,但当达到某一直径时,再加大直径时,速度也不再增加;同样火焰传播速度随着管径的减小而减小,并达到某个最小管径时火焰不再继续传播,阻火器就利用可燃气体这一特性进行设计。火焰在管道中的传播速度见表 1-2。

表 1-2 某些可燃气体在管道中火焰传播速度*

名 称	最大火焰传播 速度/(m/s)	空气中可燃 气体含量/%	名 称	最大火焰传播 速度/(m/s)	空气中可燃 气体含量/%
氢	4.83	38.5	丁烷	0.82	3.6
一氧化碳	1.25	45	乙烯	1.42	7.1
甲烷	0.67	9.8	高炉煤气	1.70	17
乙烷	0.85	6.5	水煤气	3.1	43
丙烷	0.82	4.6			

* 管道直径 25.4mm。

可燃气体与空气混合形成混合气体,当可燃气体的浓度达到其爆炸下限和上限的爆炸范围之内(见表 1-3),遇到一定能量的点火源(见表 1-4),就会形成燃烧,因为产生了燃烧波,使生成的气体与空气被加热,由于气体受热膨胀,压力急剧上升而发生爆炸。

可燃气体的浓度,在接近发热量最大的化学计量比时,混合气体爆炸的最大压力,约为初压的 6~7 倍,在这个浓度比下,混合气点火能的值最小。但是当可燃气体浓度低于下限高于上限时,就是以最大点火能也不会引起气体爆炸。

表 1-3 几种可燃气体的爆炸极限

气 体 名 称	爆 炸 极 限 / % (体 积)	
	下 限	上 限
氢	4	75.6
乙炔	1.5	82
甲烷	5	15
丙烷	2.1	9.5
正丁烷	1.5	8.5
天然气	4.5	13.5
煤气	5.3	32
硫化氢	4.3	45.5
氨	16	37

表 1-4 几种可燃气体最小点燃能量

气 体 名 称	浓 度 / %	最小点燃能量 / μJ
氢	29.5	20
乙炔	7.7	20
乙烷	6.0	310
乙烯	6.5	96
丙烷	4.4	240
氨	21.8	0.68×10^6
硫化氢	12.2	77
乙醚	5.4	490
环氧乙烷	7.7	85

混合气体中燃烧波的传播速度,在常压下约为 1m/s 左右。但发生在密闭容器内情况则不同,因为在密闭容器内被点燃的可燃气体火焰迅速向四周器壁传播,压力同时增高,这种压力称为爆炸压力。大多数可燃气体的最高爆炸压力与初压之比不会超过 8 : 1。可燃气体爆炸压力见表 1-5。

表 1-5 几种可燃气体爆炸压力特性

气体名称	气体浓度/ %	最高压力/ 10 ⁵ Pa	达到最高 压力时间/ ms	压力上升 最大速度/ (10 ⁵ Pa/s)	压力上升 平均速度/ (10 ⁵ Pa/s)
氢	35	7.1	10	773.4	703.1
乙炔	13	10.5	17	843.7	618.7
乙烯	16	8.4	18	597.6	464.0
乙烷	7	6.9	47	175.8	147.7
丙烷	5	6.7	56	175.8	119.5
丁烷	5	6.8	57	116.7	119.5
己烷	8	6.5	60	119.8	105.5
环己烷	3	7.3	52	154.7	140.6

可燃气体在密闭容器内被点燃,气体的压力升高,密度增加,因此,燃烧波传播的速度逐渐增大,有时会产生爆轰波,产生很高的压力,对容器有严重的破坏性。为了防止可燃气体爆轰的发生,可以安装使用阻火器以阻止火焰的继续传播,保证容器的安全。

1-2 气体熄灭直径的特性

可燃气体的熄灭直径是气体的一种特性,气体的熄灭直

径是指气体火焰在此直径的通道内不能继续传播。气体熄灭直径与阻火器的设计有着直接关系,因此对气体熄灭直径的研究是完全必要的。

影响气体熄灭直径的因素如下。

1. 烃类化合物

不同可燃气体与易燃液体蒸气的熄灭直径各有差异,由图 1-1 可以看出在常压和 100°C 下,一些烃类气体与空气在不同含量下的气体熄灭直径各不相同。其中在常压和 100°C

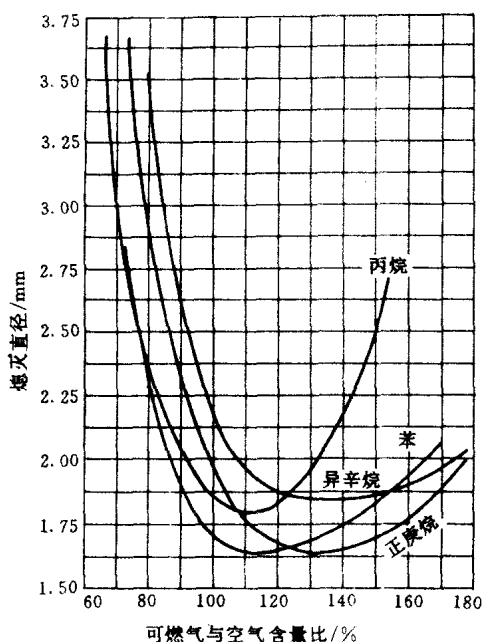


图 1-1 一些烃类与空气混合气熄灭直径

下组成为当量比的苯/空气的气体熄灭直径只有异辛烷/空气的 80%。

2. 惰性气体的影响

不同惰性气体作为稀释剂对氢/氧混合气的熄灭直径影响见图 1-2。它们依次如下：氮>氩>氮>二氧化碳。它们的掺入，降低了热传导，对火焰的传热和传质起到了壁面绝缘作用。

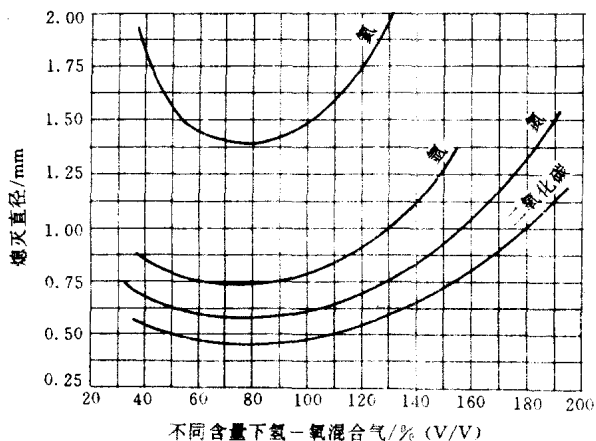


图 1-2 不同惰性气体对熄灭直径的影响

3. 温度的影响

研究表明，随着可燃气体温度的增加，熄灭直径减小，其近似关系式为：

$$d \sim T^{0.5} \quad (1-1)$$

式中 d ——熄灭直径, mm;

T ——可燃气体的温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

图 1-3 表示丙烷/空气混合气熄灭直径与温度的变化。

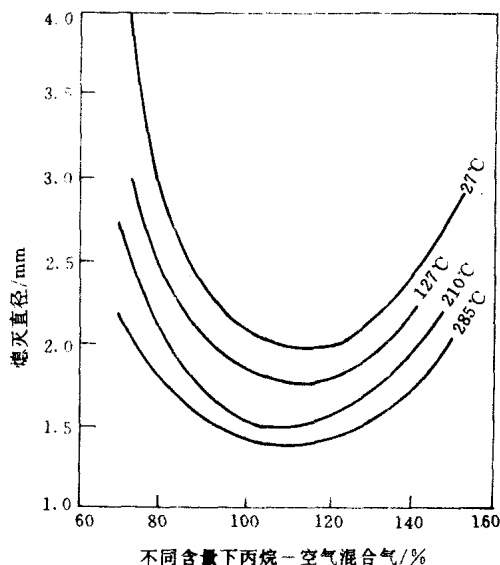


图 1-3 温度对丙烷/空气混合气熄灭直径的影响

4. 压力的影响

试验表明可燃气体熄灭直径随着压力减少而增加,其表达式为:

$$d \sim p^b \quad (1-2)$$

式中 b 值对于丙烷为 -0.91 , 其它苯、正庚烷、异辛烷和空气混合气的 b 值大致都是 -1.0 。图 1-4 表示不同压力下不同当量比丙烷/空气混合气的熄灭直径。

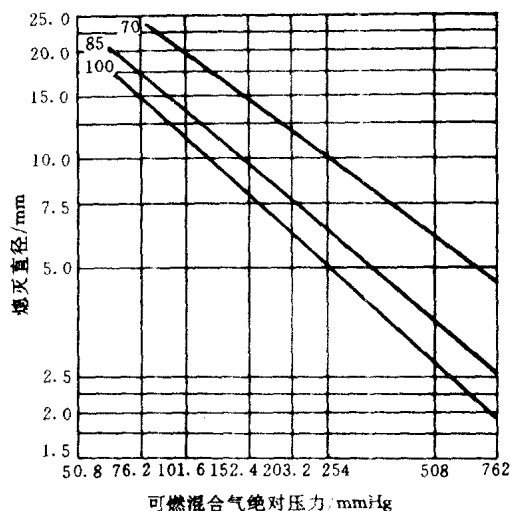


图 1-4 压力对不同含量(%)下的丙烷和空气混合气熄灭直径的影响

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即可。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 5 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,但是纸并没有炭化。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的反应理论,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。这样自由基又消耗又生成如此不断地进行下去。已知可燃气体自行燃烧(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，以满足工业上的需要。

第二章 阻火器选型与结构

2-1 阻火器使用特点

阻火器(又名防火器、隔火器)是用来阻止易燃气体和易燃液体蒸气的火焰以防止蔓延的安全装置。

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

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和输送石油气体的管线上。当储存轻质石油产品的油罐遇到外界明火或雷击火花时,就有可能引起燃烧或发生爆炸,为了防止这种危险的产生就应安装阻火器。

阻火器常用于输送易燃气体的管道上,假若管道上的易燃气体被引燃,气体火焰就可能会传播到整个管网。为了避免这种危险的发生,也应采用阻火器。

阻火器也可以使用在管端有明火燃烧的管线上,以防止回火而造成输气管网的破坏。

阻火器不能阻止敞口燃烧的易燃气体和液体的明火燃烧。

2-2 阻火器应用范围

阻火器广泛应用于石油、化工、运输、煤矿、海运系统之中,使用范围如下:储存石油及石油产品的储罐;储存化工原料