



中华人民共和国国家标准

GB/T 25445—2010

抑制爆炸系统

Explosion suppression systems

2010-11-10 发布

2011-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 爆炸抑制	4
5 对抑爆元件的一般要求	6
6 抑爆系统设计要求	8
7 抑爆系统的安全完整性	17
8 安装	18
9 标志和包装	19
附录 A (资料性附录) 形成列线图型设计指南	21

前 言

本标准是参照 EN 14373:2005《抑制爆炸系统》(英文版)制定的,在技术内容上等同采用该标准。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口并解释。

本标准主要起草单位:南阳防爆电气研究所、国家防爆电气产品质量监督检验中心、煤炭科学研究总院抚顺分院、创正防爆电器有限公司等。

本标准主要起草人:张刚、马秋菊、刘姮云、付淑玲、侯韩芳、张显力、李书朝、刘思敬。

抑制爆炸系统

1 范围

本标准规定了抑制爆炸(以下简称“抑爆”)系统设计和应用的基本要求。同时本标准也规定了评定抑爆系统的效果及在特定爆炸条件下抑爆系统增效的办法。也为另一种进行爆炸抑制效果测试设备及确定抑爆系统安全操作模式提供了依据标准。包括:

- 抑爆元件的通用要求;
- 评定抑爆系统的有效性;
- 评定抑爆系统的增效程度;
- 对抑爆系统设计工具的评定与改进;
- 抑爆系统安装说明;
- 抑爆系统维护说明。

本标准适用于密封或固有密封外壳的抑爆系统。此类外壳中爆炸性混合物点燃可能会引起爆炸,如:可燃性粉尘-空气混合物,气体(蒸气)-空气混合物,可燃性粉尘-气体(蒸气)-空气混合物和雾状物。

本标准不适用于下列材料或含有下列物质的混合物的爆炸:

- 不稳定、易分解的物质;
- 爆炸性物质;
- 烟火材料;
- 可产生烟火的材料。

注:使用这些材料需要专家指导。

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/T 15605 粉尘爆炸泄压指南(GB/T 15605—2008,NEQ VDI 3673-1:2002)

GB/T 16425 粉尘云爆炸下限浓度测定方法

GB/T 16426 粉尘云最大爆炸压力和最大压力上升速率测定方法(GB/T 16426—1996,eqv ISO/DIS 6184-1)

GB/T 2900.35 电工术语 爆炸性环境用电气设备(GB/T 2900.35—2008,IEC 60050-426:2008,IDT)

GB 25285.1 爆炸性环境 爆炸预防和防护 第1部分:基本原则和方法

EN 13673-1 气体和蒸汽最大爆炸压力及最大压力上升速率的确定 第1部分:最大爆炸压力的确定

EN 13673-2 气体和蒸汽最大爆炸压力及最大压力上升速率的确定 第2部分:最大爆炸压力上升速率的确定

EN 14034-4 粉尘云爆炸特性的确定 第4部分:粉尘云极限氧浓度 LOC 的确定

EN 14994 气体爆炸泄压保护系统

EN 26184-3 防爆系统 第3部分:粉尘/空气和气体/空气混合物之外的燃料/空气混合物爆炸指数的确定

3 术语和定义

GB 25285.1、GB/T 2900.35 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

高速释放(HRD)抑制器 HRD-suppressor

内含抑制物的器具,抑制物会受内部压力的作用排出。

注 1: 压力可能是预储压,或由诸如爆炸性或烟火装置的化学反应产生的压力。

注 2: HRD 为高速释放的缩写。

3.2

抑制物 suppressant

HRD 抑制器中的物质,扩散到被保护的容积内时,能阻止和预防该容积内爆炸的发展。

注: 常用的三种抑制物,独立使用或配合使用:

——粉状抑制物;

——水抑制物;

——化学抑制物。

3.2.1

粉状抑制物 powder suppressant

具有公认灭火特性的粉状产品,如以磷酸氢氨、碳酸氢钾或碳酸氢钠为主要成分的产品。

注: 这些抑制物中可含有增加流动性和有效性的添加剂。

3.2.2

水抑制物 water suppressant

用作爆炸抑制物的冷水或热水。

注: 可补充添加剂以防冻结,和/或增加抑制物的有效性。

3.2.3

化学抑制物 chemical suppressants

具有公认灭火特性的化学抑制物。

3.3

分撒压力 Dispersion agent pressure

p_d

储压型抑制器中保持的压力,抑制物受此压力作用分撒,如:干气、化学反应或加热作用。

3.4

抑制物填充量 suppressant charge

M_s

抑制器中所含的抑制物的量或体积。

3.5

爆炸传感器 explosion sensor

爆炸发生时反映一个或多个参数(例如压力,温度和/或辐射参数)变化的装置。

3.6

爆炸探测器 explosion detector

产生爆炸时可发出爆炸探测信号的装置或仪器组合,包含一个或多个爆炸传感器。

3.7

触发压力 activation pressure

p_a

高于反应物点燃时压力(p_i)的压力阈值,在此压力下可认为已探测到爆炸。

3.8

降低(抑制)的爆炸压力 reduced (suppressed) explosion pressure

p_{red}

在抑制的爆炸事件中记录的、高于反应物点燃时压力(p_i)的爆炸压力。

3.9

最大降低(抑制)的爆炸压力 maximum reduced (suppressed) explosion pressure

$p_{red,max}$

在燃料浓度最佳时抑制的爆炸事件中记录的、高于反应物点燃时压力(p_i)的最大爆炸压力。

3.10

爆炸抑制 explosion suppression

在爆炸性环境中出现燃烧的初始阶段,探测到并阻止燃烧,同时限制压力产生的技术。

3.11

抑爆系统 explosion suppression system

自动探测爆炸开始征兆,并撤开抑制物以限制爆炸破坏效果的组合排列装置。

3.12

控制和显示设备 control and indicating equipment

CIE

控制、记录、监视爆炸传感器/探测器和爆炸保护装置的爆炸保护设备。

注:当探测到初始爆炸时,CIE触发爆炸保护装置并启动报警系统。

3.13

分撒装置 dispersion device

安装在HRD抑制器上,设计用于把抑制物分撒到整个被保护容积的装置。

3.14

外壳 enclosure

3.14.1

紧凑外壳 compact enclosure

方形外壳 cubic enclosure

长(高)与直径的比小于2的外壳。

3.14.2

长条形外壳 elongated enclosures

长(高)与直径的比为2~10之间的外壳。

3.14.3

管道 pipe

长(高)与直径的比大于10的结构。

3.15

组合系统 combination systems

3.15.1

具有泄放功能的抑制系统 suppression combined with venting

爆炸抑制和爆炸泄放技术相结合的系统。

3.15.2

具有抑制功能的泄放系统 venting combined with suppression

设计用于减少火焰从爆炸排放孔喷出的系统。

3.15.3

抑制并降低氧气浓度系统 reduced oxygen concentration combined with suppression

用降低氧浓度来减小爆炸强度,同时通过抑制作用降低爆炸强度的系统。

3.16

外壳的设计强度(设备强度) **design strength of enclosure (plant strength)**

p

3.16.1

耐爆炸外壳 **explosion resistant enclosures**

按照国家相关标准设计的外壳和设备,包括附属管道,能够承受预期爆炸压力也不会发生永久形变。

3.16.2

耐爆炸冲击外壳 **explosion shock resistant enclosures**

按照国家相关标准设计的外壳和设备,包括附属管道,能够承受预期爆炸过压。与耐爆炸外壳判断标准不同,对于耐爆炸冲击外壳,允许一些塑性变形。在设计这些外壳时,可多考虑利用结构材料的强度。

3.17

危险区域 **hazard sector**

设计使爆炸抑制系统起作用的三维空间。

3.18

可见的不利影响最低水平 **LOAEL**

观察到有不利的毒物影响或生理影响时的最低浓度。

3.19

模式 **model**

预计爆炸进程、抑爆系统动作及其与爆炸的相互作用的数学计算,以便能准确设计抑爆系统。

3.20

无可见的不利影响限值 **NOAEL**

观察不到有不利的毒物影响或生理影响时的最高浓度。

注: NOAEL 是无可见的不利影响限值的缩写

3.21

阻碍容积 **obstructed volume**

内含阻碍物的容积组件。

3.22

有人的空间 **occupied space**

可能有或者会有人员出现的三维区域。

3.23

隔离容积 **segregated volumes**

与其他空间或主容积分开的三维空间。

3.24

阈值量 **threshold dose**

低于该量级就观察不到不利的毒物影响或生理影响的量级。

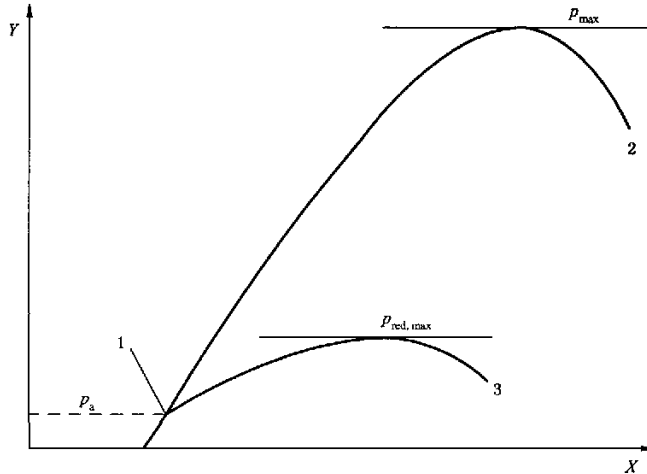
4 爆炸抑制

4.1 通则

爆炸抑制是一种技术,利用该技术可在燃烧初始阶段探测到并熄灭封闭或固有封闭的容积内爆炸性环境的燃烧,并限制破坏性压力的发展。

在尽可能短的时间内,控制和显示设备 CIE 启动 HRD 抑制器,将抑制物释放到被保护的容积内。

当可能把最大爆炸压力限制到抑制(降低)的爆炸压力(此压力低于被保护容积的设计强度),或者在无限空间内将火球传播限制到规定的尺寸内时,认为爆炸被抑制住。最大爆炸压力 p_{\max} 将被降低到最大降低(抑制)的爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$,一般为 0.02 MPa~0.1 MPa(图 1)。



图解

- 1——触发抑爆系统;
- 2——密闭外壳爆炸;
- 3——抑制的爆炸;
- Y——爆炸过压 p , Pa;
- X——时间 t , s。

图 1 正常爆炸与抑制的爆炸的压力-时间特性

在大多数爆炸抑制的实际应用中,最坏情况下产生的最大抑制爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$ 可以测到。如果被抑制的爆炸压力低于工艺设备的设计强度,并且抑制达到了充分的安全裕量,那么就能保证有效的爆炸抑制。

4.2 影响因素

4.2.1 概述

抑爆系统的有效性取决于 4.2.2~4.2.4 所列的参数。

4.2.2 爆炸危害

- a) 外壳容积(净容积, V);
- b) 外壳形状(表面积及长(高)与直径的比);
- c) 爆炸性物质(气体、粉尘、可燃性液体及其混合物);
- d) 爆炸性环境的同质性和固有湍流;
- e) 内置障碍物与燃烧波相互作用及反射压力波造成的固有湍流;
- f) 初始压力;
- g) 温度条件;
- h) 爆炸性物质的爆炸参数:
 - 1) 最大爆炸过压, p_{\max} ;
 - 2) 最大爆炸常数, K_{\max} ;
 - 3) 燃烧速率;
 - 4) 最低点燃温度。

4.2.3 爆炸抑制物

- a) 抑制物添加剂的种类;

- b) 抑制物用量;
- c) 添加剂的抑制功效。

4.2.4 抑制系统

- a) 探测-系统有效触发压力, p_s ;
- b) HRD 抑制器:
 - 1) HRD 抑制器的数量, N_s ;
 - 2) HRD 抑制器的容积, V_s ;
 - 3) HRD 抑制器的出口直径, D_s ;
 - 4) HRD 抑制器的打开时间, t_s ;
 - 5) HRD 抑制器中抑制物的装载量, M_s ;
 - 6) 抑制物分撒压力, p_a ;
 - 7) HRD 抑制器分撒装置;
 - 8) HRD 抑制器在外壳上的位置。

4.2.5 相互联系

所有这些参数的相对重要性由特定应用情况决定。确定给定抑爆系统的功效需要进行系统测试,测试中下边几个变量独立改变:

- 爆炸的剧烈程度(e. g. K_{max});
- 爆炸探测的开始;
- 抑制物配量;
- 抑制物分撒压力。

该程序提供的基本数据足以评估出抑制系统的功效。

原则上,对于特定用途的抑爆系统,特定的代表性试验或适当改变代表性试验结果数据库可以提供必要的保证。

实际中,设计工程师参照有关设计导则。以立方律为基础的列线图 and 定标等式,其他允许所有参数相互关联的更为复杂的理论模型,可用作系统技术要求的基础。列线图、定标等式和模型应以此处定义的最低合格标准为基础进行证实,从而给出本标准范围内最低合格设计导则。关于导则的最低合格标准在 6.4 中规定。

需注意,为了确定系统的适用性,需要利用某些类型的附加信息。在占用区域,与系统触发有关的危险非常重要。食品工业要求系统不能降低卫生要求。可能导致抑制物释放到大气中的情况,需要使用对环境无害的抑制物。复燃危险、爆炸后的火焰防护也应考虑。因此选择最合适的爆炸抑制系统需要对系统“目的适用性”作充分的评估。

5 对抑爆元件的一般要求

5.1 探测

5.1.1 概述

为了启动抑爆系统,用探测器感应由初始爆炸或初始爆炸的火焰产生的过压。感应器的放置应保证抑爆系统有足够的时间感应,并触发装置抑制爆炸,这一点非常重要。

5.1.2 光学探测

光学探测器应在较开放的结构中使用,这种结构中初始爆炸造成的压力增大有限。粉尘浓度高,影响抑爆系统可靠性的环境中不应使用光学探测器。

紫外线和红外线探测器可用于光学探测。应避免使用光敏传感器,避免出现虚假触发。传感器的安放位置应使其感应角度覆盖所有被保护的危险区域。光学探测器的性能也会受到感应范围内障碍物的影响,应使用多个探测器解决这一问题。光学探测器应配备空气屏蔽保持光学镜头清洁。

5.1.3 压力探测

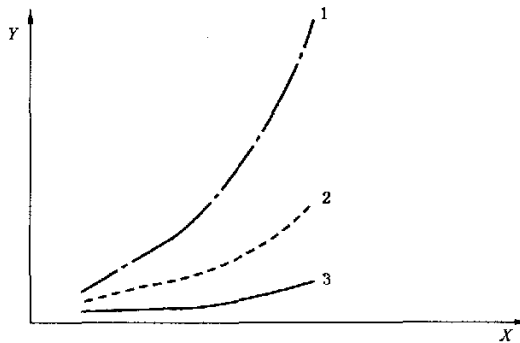
对于密闭外壳应用情况应采用压力探测。

当超过预设过压时,阈值压力探测器提供电信号。

动态探测器向系统 CIE 装置提供电信号。通常,它们都既有上升速率也有压力限值触发点,能根据具体应用条件设定。虽然这类探测器可以使隔离系统的虚假触发最小化(由于压力波动而不是爆炸压力上升),但是还应注意这类探测器的设置,应符合对特定应用条件和被保护外壳的几何形状的探测反应标准。

5.2 抑制物

抑爆系统使用的抑制物包括水、固态和液态的化学物质。除了抑制物的有效性,还应考虑抑制物与抑制过程的兼容性。当抑爆系统触发压力 p_a 上升使最大降低的爆炸过压 $p_{red,max}$ 上升很小时,认为抑制物非常有效(见图 2)。



图解

- 1——低效抑制物;
- 2——有效抑制物;
- 3——高效抑制物;
- X —— p_a (Pa);
- Y —— $p_{red,max}$ (Pa)。

图 2 抑制物的有效性

应用抑制物要看其抑制爆炸效果如何。应通过试验来测定抑制物的有效性及性能,从而量化抑制物的适用性。在选择抑制物时应考虑以下参数:

- a) 与加工产品的任何不利反应;
- b) 与允许的职业暴露限值有关的抑制物毒性水平;
- c) 抑制物温度稳定性。

另外,需要时也应考虑下列特性:

- d) 抑制物必须与食物兼容吗?
- e) 抑制物是否会引起腐蚀?
- f) 抑制物是否环保?
- g) 抑制物是否能容易地从加工过程中除去?

5.3 HRD 抑制器

HRD 抑制器有一定规格范围。抑制物通常存放在正压容器中。一个快速触发容器开口装置可以使抑制物瞬间无阻碍释放,在此过程中,如果需要,抑制物由推进剂推进,并有分撒装置排放到加工设备中。大口径的 HRD 抑制器比仅依靠分撒剂高压力的抑制器具有较强的抑制剂推进能力。HRD 抑制器和分撒系统对抑制效果具有重要影响。带有特定安装适配器及合适分撒系统的 HRD 抑制器的性能应通过试验证明(第 6 章)。HRD 抑制器的数量及分布由被保护外壳的几何尺寸和形状决定,这对于取得最佳抑制性能至关重要。应考虑下列情况使 HRD 抑制器的使用能最有效地排放抑制物:

- a) HRD 抑制器要安装在被保护的加工容器、管道或外壳的顶部或侧面;
- b) HRD 抑制器应安装在被保护的设备上,确保抑制物正常排放;

- c) HRD 抑制器应在外壳上支撑固定或者固定在支持物上,固定方式应能承载其重量并能释放反冲力;
- d) 薄弱外壳、振动设备及高温加工设备采用抑爆措施时,可能需要把 HRD 抑制器在外壳以外支撑。

有两种典型的分撒装置,固定式和伸缩式。固定的分撒装置直接伸入到加工设备内。伸缩的分撒装置在不使用时则处在加工设备外部,在触发后,HRD 抑制器用伸缩分撒装置向前(打开保护盖/盘)进入被保护设备。位于加工装置和分撒装置之间的保护盖/盘应防止加工材料进入分撒装置组件内。

5.4 控制和显示设备

控制和显示设备应记录和监控系统探测器所传送的信号。根据控制和显示设备信号布局情况,通过对探测器/传感器数据进行询问和分析,有选择地控制触发 HRD 抑制器和其他安全装置,控制加工设备停机及启动视觉和听觉报警装置。系统内部监控应在装置或现场接线出现故障时发出故障指示,报警装置和故障继电器触点应适当连接。紧急情况备用电源应确保电源出现故障时能提供全面的爆炸保护。安装在被保护外壳上或外壳内部、保证安全工作的系统隔离要规范。

6 抑爆系统设计要

6.1 通则

对特定加工过程进行爆炸危险评定时,应考虑加工设备位于爆炸性环境或潜在爆炸性环境中的部分。通过这种分析,按照爆炸预防和保护、按照不连续的单元基本上互相隔离的原则,对应处理的加工过程中的危险区域进行确定。危险区域可能包括一个以上的外壳及其之间的管道,它们的边界往往是物理屏障如旋转气塞或螺旋状进料箱。任何爆炸都应完全限制在危险区域内部。正常情况时利用爆炸抑制触发危险区域内的所有 HRD 抑制器。安装在其他危险区域的 HRD 抑制器,只有在该部分内发生点燃时才会被触发。

6.2 危险定义

本标准中,爆炸危险应定义为,在危险区域内点燃能够造成的典型的最不利爆炸事件。测定最不利的爆炸的第一步,应按照 GB/T 16425、GB/T 16426、EN 13673-1、EN 13673-2、EN 14034-4 和 EN 26184-3 规定的试验程序测量燃料的爆炸特性。

这种试验方法确定了燃料浓度、同质性和湍流的最不利情况,用两个主要爆炸特征值 p_{\max} 和 K_{\max} 表示,作为评定爆炸抑制要求的基础。

对抑爆系统效率的最低要求是,降低的抑制爆炸应力应小于被保护设备最薄弱部件的已知抗压能力。

6.3 与关联影响参数有关的 $p_{\text{red,max}}$ 的确定

6.3.1 通则

应按照 EN 13673-1、EN 13673-2、GB/T 16425、GB/T 16426 规定的程序,在封闭设备内进行试验。试验设备的容积应能使一个 HRD 抑制器刚好足够抑制一次爆炸。为此,应选择抑爆系统实际使用中能够遇到的反应最强烈的燃料。应使用长度直径比为 2:1 的紧凑外壳。

6.3.2 通过测试单个容积确认

6.3.2.1 新系统的应用范围

应通过在选定的试验容积中进行一系列的试验确定抑爆系统的功效。通过测量最大降低(抑制)的爆炸压力($p_{\text{red,max}}$)确定系统应用的工业设备的最小设计强度。通过进行符合 6.3.2~6.3.4 规定的程序的试验确定抑爆系统的应用范围。

通过这些试验应确定下列内容:

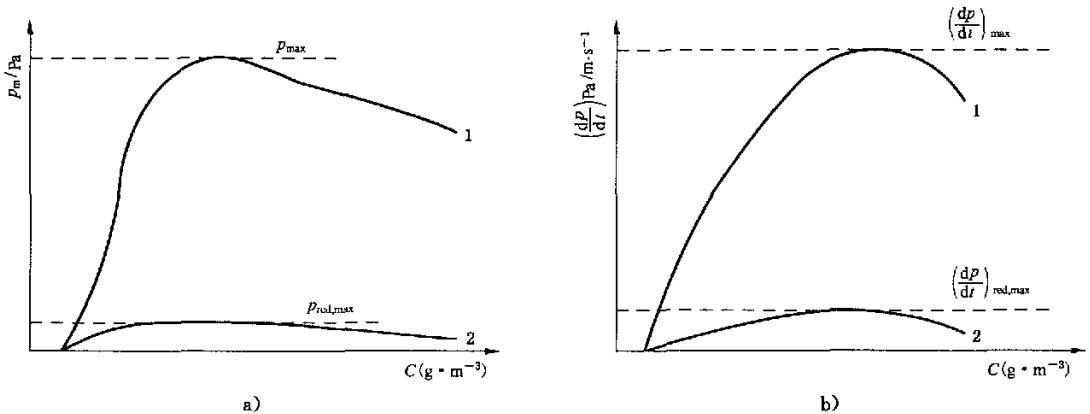
- a) 该容积内能被系统抑制的最不利的爆炸;
- b) 在该容积中能抑制限定爆炸的最大探测压力;
- c) 由 $p_{\text{red,max}}$ 确定的抑制系统的效率。

6.3.2.1.1 燃料浓度变化(C)

为了在选定的试验容积中测定特定抑爆系统防止爆炸危险的功效,应进行一系列评定。应通过试验(见图 3)测定燃料的最大降低(抑制)的爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$ 。实际中需要在一定浓度范围内测量 p_{red} ,确

定得出最大 p_{red} 值的最佳燃料浓度。得出 p_{max} 和 $(dp/dt)_{max}$ 值的浓度也有帮助。应在这个最适宜浓度条件下重复进行试验。应在该最佳浓度条件下至少得出三个结果,求平均值得出抑爆指数 $p_{red,max}$ 和 $(dp/dt)_{red,max}$ 。

- 举例 (假定 p_{red} 在粉尘浓度为 $500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ 时出现 p_{red} 最大值)
- | | | | |
|----|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. | $250 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, | $500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, | $750 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ |
| 2. | | $500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ | |
| 3. | | $500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ | |



图例:

1——未抑制的爆炸;

2——抑制的爆炸。

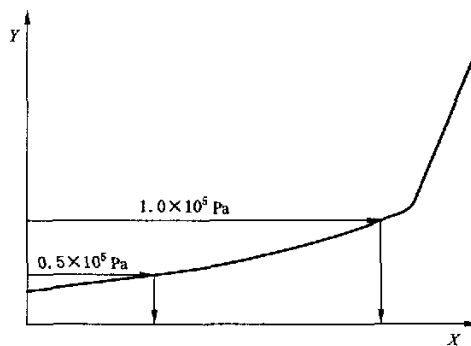
注: 触发压力 p_a 与抑制器数量(抑制物荷载)不变。

图3 正常爆炸和抑制的爆炸压力特性和压力上升速率与浓度的关系

应根据生产商的建议预设抑爆系统(分撒剂压力、抑制物荷载)并安装在试验设备上。

6.3.2.1.2 最大爆炸常量的变化, K_{max}

为了在选定的试验容积中确定防止爆炸危险采用特定抑爆系统的应用范围(限制),应通过 K_{max} 变化增大爆炸严重程度,进行一系列评定(见图4)。



图解

X—— K_{max} ($\text{m} \times \text{Pa}/\text{s}$);

Y—— $p_{red,max}$ (Pa)。

注: 触发压力 p_a 与 HRD 抑制器数量(抑制物荷载)不变。

图4 最大减低的爆炸压力 $p_{red,max}$ 特性与最大爆炸常数 K_{max} 的关系

K_{max} 值的变化应按下列方法得出:

a) 粉尘作为燃料:

使用具有不同 K_{max} 的粉尘,或者使用同种粉尘但改变点燃延迟时间 t_v 和浓度 C ,得出不同的压力上升速率,以模拟不同的 K_{max} 值。

b) 气体作为燃料:

对于多数工业溶剂的蒸气,用丙烷进行试验对抑制系统的性能进行评定,可以满足要求。

当气体或蒸气的燃烧特性比丙烷强时,应使用爆炸特性等于或高于丙烷的试验气体或蒸气对抑制系统的性能进行评定。

在有湍流的情况下,应使用标准的湍流试验方法,通过改变点燃延迟改变湍流(见 EN 26184-3)。

c) 异态混合物作为燃料:

对于异态混合物,湍流情况下的气体和粉尘分别进行试验,最不利的情况作为抑制系统的功效标准(见 EN 26184-3)。

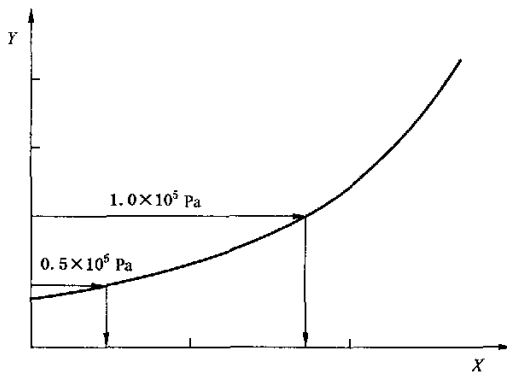
d) 雾状物作为燃料:

对于雾状物,应选择与粉尘类似的试验程序。需要确认采用的试验方法生成的雾状细微颗粒等于或小于工厂设备中出现的雾状颗粒,这样进行的试验认为有效。

对于上面介绍的几种类型的燃料,应通过试验确定最大降低(抑制)的爆炸过压 $p_{red,max}$,用某个 K_{max} 进行试验后,同样的试验应再重复两次。三次试验的平均值为抑制指数 $p_{red,max}$ 。

6.3.2.1.3 触发压力 p_a 的变化

为了确定用于选择的试验容积中的特定爆炸抑制器的应用范围,应采用一系列触发压力 p_a (或等效传感器反应),根据限定的爆炸严重程度,对其性能进行评定。与触发压力 p_a 有关的最大降低(抑制)的爆炸过压 $p_{red,max}$ 应通过试验确定(见图 5)。用某个 p_a 值进行第一次试验后,同样的试验应再重复两次。三次试验的平均值为抑制指数 $p_{red,max}$ 。



图解:

X—— p_a (Pa);

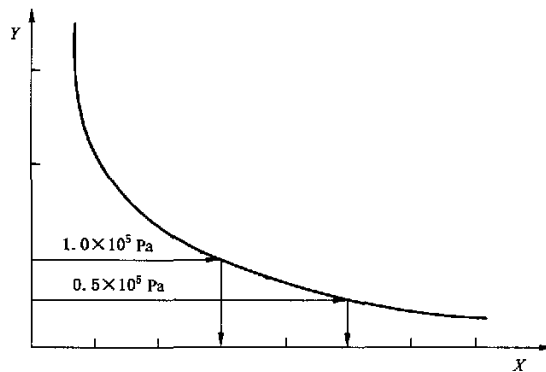
Y—— $p_{red,max}$ (Pa)。

注:爆炸常量 K_{max} 和 HRD 抑制器数量(抑制物荷载)不变。

图 5 最大降低的爆炸压力 $p_{red,max}$ 特性与触发压力 p_a 的关系

6.3.2.1.4 HRD 抑制器数量的变化

为了确定用于试验容积中的使用多个爆炸抑制器布局的应用范围,应根据试验容积中限定爆炸的严重程度,对它们的性能进行评定。生产商应规定抑制器的建议数量。用一定数目的 HRD 抑制器值进行第一次试验后,同样的试验应再重复两次。三次试验的平均值为抑制指数 $p_{red,max}$ 。



图解

X——HRDs_i

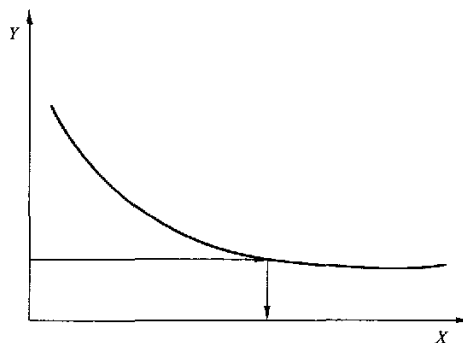
Y—— $p_{red,max}$ (Pa)。

注：爆炸常量 K_{max} 和触发压力 p_a 不变。

图6 最大降低的爆炸压力 $p_{red,max}$ 特性与 HRD 抑制器数目的关系

6.3.2.1.5 分撒剂压力 p_s 的变化

对于 HRD 抑制器,分撒剂压力 p_s 可能出现变化(例如:由于温度、泄露)。应对分撒剂压力变化造成的影响进行研究(见图 7)。试验过程中应从 $p_{red,max}$ 允许的最大偏差决定的最大下限值改变分撒剂压力 p_s 。试验应重复进行二次。通过试验将确定系统正常工作的限值范围,即规定分撒剂压力 p_s 到达何限定值时更换 HRD 抑制器。



图解:

X—— p_s (Pa);

Y—— $p_{red,max}$ (Pa)。

注:触发压力 p_a ,爆炸常量 K_{max} 及 HRD 抑制器的数目不变。

图7 最大降低的爆炸压力 $p_{red,max}$ 特性与分撒剂压力 p_s 的关系

6.3.2.2 限定适用范围的抑制系统

如果抑制系统仅用于特定(限制)应用范围,则应根据应用范围内有代表性的爆炸确定其功效,如,
 $K_{max} \leq 2 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$, $p_{max} \leq 1 \times 10^6 \text{ Pa}$, $p_a \leq 5 \times 10^3 \text{ Pa}$

6.3.2.3 有未知的可抑制能力特性的燃料

燃料的抑制能力特性说明该燃料有关的爆炸被抑制的程度。如果抑爆系统用于抑制特性未知(由于化学成分或极端加工条件)的燃料,应对抑爆系统进行测试。如燃料的爆炸特性未知,应确定爆炸特性。

应在触发过压 $p_a = 1 \times 10^4 \text{ Pa}$ 时,在一定浓度范围内进行试验确定最大降低(抑制)的爆炸压力。仅与观察到的最大爆炸过压 p_{max} 接近的浓度范围需要试验。应在最易爆炸浓度条件下测量 p_{red} ,然后在较高或较低浓度条件下测量。这样给出最大 p_{red} 值的最适宜浓度就被确定下来。应在最适宜浓度条

件下重复进行试验,最适宜浓度条件下的三次试验结果求平均值得出抑制爆炸指数 $p_{red,max}$ 。

举例(假定最大 p_{red} 在粉尘浓度为 250 g/m^3 时出现)

1. $125\text{ g/m}^3, 250\text{ g/m}^3, 500\text{ g/m}^3$
2. 250 g/m^3
3. 250 g/m^3

如果得到 $p_{red,max}$ 值不大于设计方法依据的 $p_{red,max}$,则完成评定,如果测量值大于设计值,应按照 6.3.2 的规定进行新的评定。

6.3.2.4 新元件

对更换一个元件(如下列元件)的现有抑爆系统,为确定其功效:

- a) 新 HRD 抑制器;或
- b) 新 HRD 抑制器容积;或
- c) 新 HRD 抑制器出口直径;或
- d) 新探测器;或
- e) 新 HRD 抑制器打开时间;或
- f) 新 HRD 抑制器抑制物载荷;或
- g) 新抑制物分撒压力;或
- h) 新 HRD 分撒装置;或
- i) 新的控制和显示设备 CIE。

应按照 6.3.2 的规定对性能进行评定。如果只需证实新元件的性能至少等于老元件,则在最不利条件下进行一组三次试验就足够了。

如果要采用新部件提高抑爆系统的性能,并需要新的设计指南,则应重复进行 6.3.2.1 规定的试验。

6.3.3 在第二个容积内试验确认

如果 6.3.2 中的试验全部合格,应在第二容积中进行试验,研究容积对抑爆系统功效的影响。第二容积的尺寸取决于使用的 HRD 抑制器的尺寸。

应进行的试验与 6.3.2.1.1~6.3.2.1.5 规定的试验相同。

6.3.4 长条型外壳

对于长条型外壳,应像紧凑外壳一样确定具体抑爆系统功效的有效性(见 6.2)。但是,长条型外壳中的初始爆炸更为剧烈,需要计算爆炸强度,此强度相应高于标准测量值 K_{max} 。对于粉尘应使用下列等式,确定与外壳长度直径比有关的最大爆炸常量 K_{max} 的增大量:

$$K_{max,el} = 0.95 \times 1.06^{H/D} \times K_{max}$$

式中:

$K_{max,el}$ ——长条型外壳中增大的值,单位 $\text{m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$;

H/D ——长条型外壳的长(高)与直径比;

K_{max} ——最大爆炸常量,单位 $\text{m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

其他计算长条型外壳增大常量 K_{max} 的有效方法也可以使用。HRD 抑制器的分布方式要保证抑制物在外壳内的有效分布。

6.3.5 管道

管道内通过抑爆(与利用熄灭屏障的防爆不同)达到防爆目的,是应用于长条型外壳的设计基础的扩展。最不利的爆炸危险是在管道密闭端的点燃。

由于点燃可能发生在管道的任何位置,所以沿管道的整个长度都应使用管道探测器和抑制器。任何一个探测器位置的反应都应能触发安装在管道内的所有抑制器。

探测器沿整个管道长度布置,灵敏度要保证在爆炸压力超过管道内部设计强度之前探测到爆炸,并分撒抑制物。

如果管道仅与一个管道抑爆装置单独连接,不能作为有效的安全措施,除此之外外壳还应通过排泄

或抑制保护。

6.3.6 有人的空间

在可能有人员的空间采用爆炸抑制可以减轻爆炸后果。对这类空间的保护要对抑爆系统施加特定设计限制,使抑制后的爆炸不会造成损坏。

有人的空间采用的任何抑爆系统,应严格按照第 6 章中规定的针对封闭外壳或基本封闭外壳的标准验证其功效的有效性,同时还采取下列附加限制:

- a) 毒物抑制物:使用的抑制物浓度要低于不可见的不良影响值(NOAEI)或可见的不利影响最低水平(LOAEL)。
- b) 抑制物排放:把抑制物排放到封闭空间的方法,应保证排放的冲击波(压力作用)不会对人员(无论是否有视力和听力保护)造成伤害;排放噪声不应引起短暂失聪;排放时造成的视觉影响不能使人员看不到外出路线。

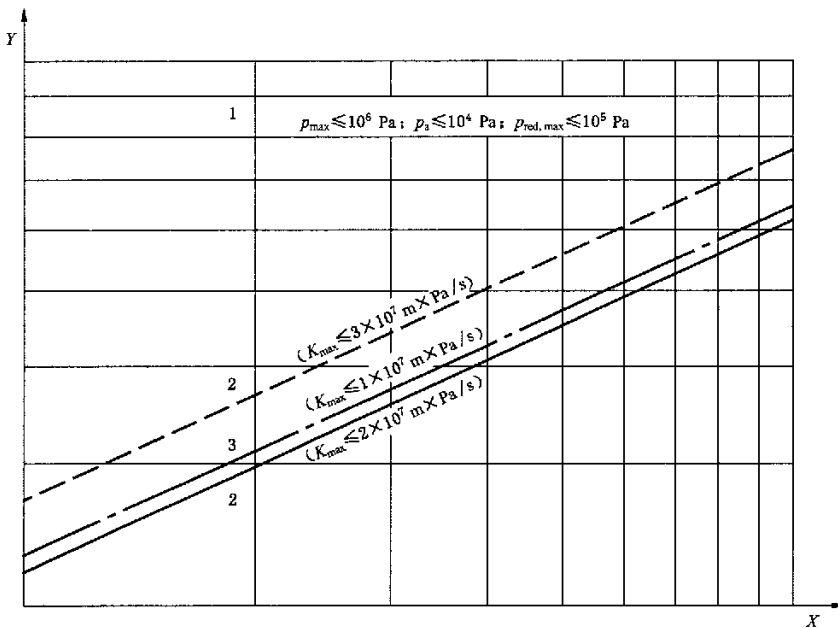
6.4 系统设计指南的有效性

6.4.1 概述

生产商利用系统设计指南预测特定应用中对抑爆系统的技术要求。例如,在评定一个实际情况时,HRD 抑制器的最少数量是保证系统功效的基本要求。系统设计指南应通过试验进行验证。这些试验应在实际使用的外壳尺寸范围内进行。最常见的设计指南有简单的图表形式和较先进的数学模型形式。

6.4.2 设计图表

图表是设计方法的最简单形式,它以至少两个不同容积的紧凑外壳的试验为基础。如果已知抑制系统的触发压力 p_s ,已知某个需要的最大降低过压 $p_{red,max}$ 和燃料反应性能 (K_{max}),就可以用这种方法预计在某个容积中抑爆所需的 HRD 抑制器数目。图 8 就是这样的图表示例。



图解:

- 1——特定型号的 HRD 抑制器;
- 2——有机粉尘;
- 3——静止气体;
- Y——HRD 的最少数量, N_s ;
- X——容器容积 V , 单位 m^3 。

图 8 特定抑爆系统设计图表

这种方法考虑抑制系统的几个特性,如:探测器内部延迟,CIE 及利用云状灭火粉的时间。

对其他元件组合或对其他触发压力,最大降低的过压或燃料反应性能,应重新进行试验制作新的图表(见附件 A)。

应利用有关抑爆系统元件进行试验验证图表。试验应在图表确认的有效容积范围内不大于最小容积 1.33 倍和不少于最大容积 0.25 倍的容积中进行。试验燃料的反应性能应等于(K_{max}, p_{max})图表确认的燃料反应性能。如果有一种以上的反应性能(如图 8 所示),需要对每种反应性能的代表燃料进行试验。应利用有关触发压力 p_a 进行试验。

当使用指定数量的 HRD 抑制器时,最大降低的过压 $p_{red,max}$ 应不超过等效预测值。

6.4.3 用于设计的数学模型

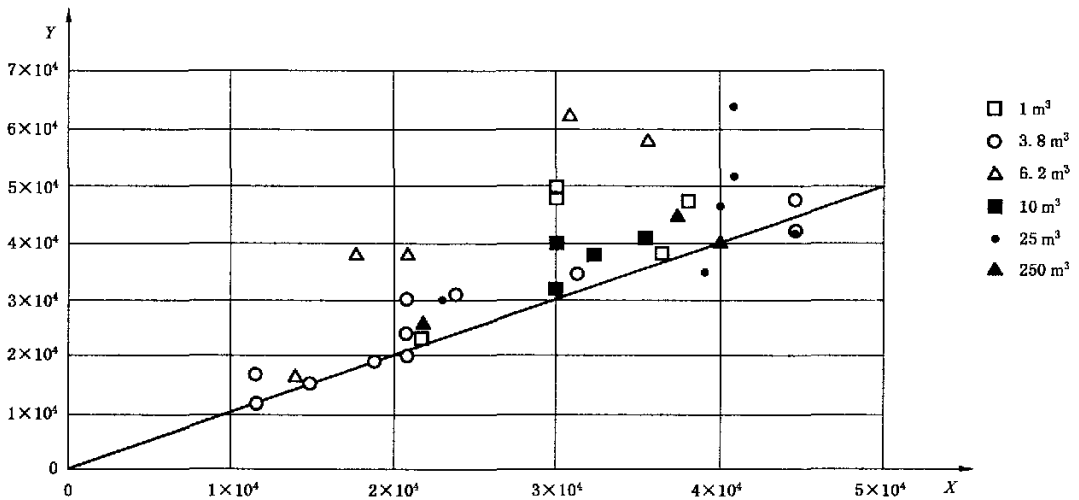
可用数学模型设计抑爆系统。这种模型描述了规定的几何体形状内的爆炸过程,以及抑制系统与爆炸的相互作用。应确定建立模型所必需的不同系统元件的基本参数。这些参数如:探测系统的延迟时间,抑制物的排放时间。确定这些参数不必一定要进行爆炸试验。

但是应进行爆炸试验验证数学模型。

数学模型中使用的每个非独立参数应通过试验验证其适用性。应采用其适用范围的极限值对非独立因数进行试验。应至少在 4 个不同的试验容积中进行总共至少 100 次试验。

a) $p = p_{red,max} \leq 0.5 \times 10^5$ Pa 时的评定:

所有计算得出的降低(抑制)的爆炸压力,至少 95% 应等于或大于试验实测压力(图 9)。



图解:

Y—— $p_{red,max}$ 计算值(Pa);

X—— $p_{red,max}$ 实测值(Pa)。

图 9 $p_{red,max}$ 不大于 0.5×10^5 Pa 时最大降低的爆炸过压计算值与最大降低的爆炸过压实测值的关系

这些模型仅对验证它们的试验外壳容积和参数范围有效(燃料类型、 V 、 p_{max} 、 K_{max} 、 p_a 、 $p = p_{red,max}$)。仅在下列条件下可能超出试验体积:

最小容积 $V_{min} = 0.75 \times V_{min, test}$

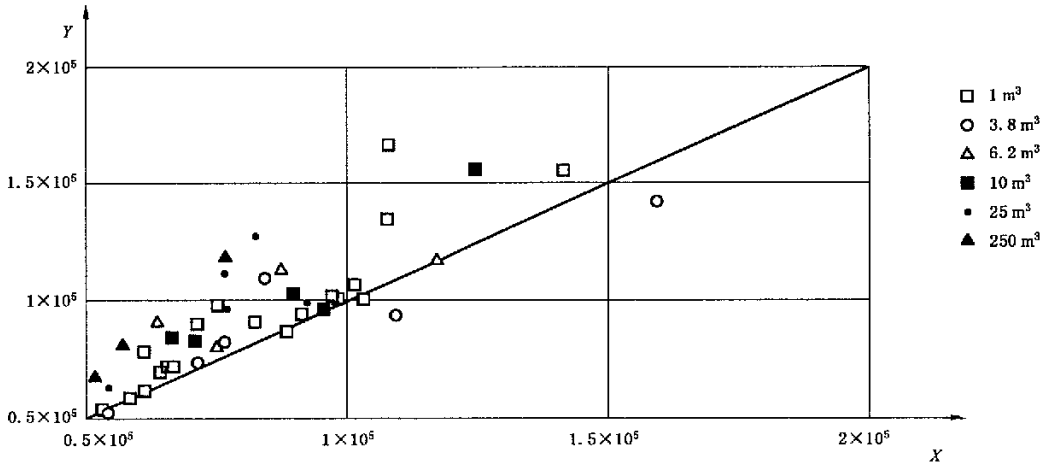
最大容积 $V_{max} = 4.00 \times V_{max, test}$

应用范围超出这些限值时应咨询专家意见。在某些情况下,允许超出规定容积范围限值,但是必需采用对这种超限有效、准确的科学解释证实才可以。

另外,最大(抑制的)爆炸过压计算值平均至少应比测量值高5%,表明模型计算误差在安全范围。

b) 在 $p = p_{red,max} > 0.5 \times 10^5$ Pa 时的评定:

所有计算出的减少(抑制)爆炸压力的95%至少应等同或高于试验测试实测压力(图10)。模型中的每一个变量的测试都应在其适应性范围内完成,对于紧凑外壳来说则有不同的容积:



图解:

Y—— p_{red} , 计算压力;

X—— p_{red} , 实测压力。

图10 $p_{red,max}$ 高于 0.5×10^5 时计算最大减少爆炸过压与实测最大减少爆炸过压的关系

只有当测试外壳容积以及参数范围在确定的有效值(燃料类型、 V 、 p_{max} 、 K_{max} 、 p_a 、 $p(p_{red,max})$)范围之内时,此类模型才被认为有效。在下述的情况下超过试验体积外延是可以的:

最小容积 $V_{min} = 0.75 \times V_{min,test}$

最大容积 $V_{max} = 4.00 \times V_{max,test}$

应用范围超出这些限值须咨询专家意见。在某些情况下,高于规定容积范围限度的推断是允许的,但只有在能被明确的科学阐述证明的情况下才被认为有效。

作为补充,计算的最大(抑制)爆炸过压均值应至少高于测量值5%,以证明模型计算误差不影响安全。

6.5 特殊应用

6.5.1 具有泄放装置的抑制

仅单独通过抑制技术或泄放技术不能保护设备强度时,通常采用具有泄放功能的抑制。其中主要保护手段是爆炸抑制,另加泄放孔使可达到的降低的爆炸压力减小。爆炸泄放系统的设定触发压力应高于爆炸抑制触发压力——一般为2倍($2\times$)。应通过对特定应用进行试验验证这种组合系统的功效。抑制应足以避免外壳内部出现二次爆炸。

6.5.2 具抑制装置的泄放

要避免外壳出现火焰喷射的装置通常采用泄放/抑制组合。一旦探测到初始爆炸,抑制系统会将抑制物喷射到外壳内靠近泄放孔附近,减少从排放孔释放火焰喷射。这种组合可用于向建筑物指定区域内(其中有工作人员)泄放的加工容器。

泄放度应根据 GB/T 15605 和 EN 14994 确定。应对特定应用进行试验验证这种组合系统的功效。

HRD 抑制器的布置应保证在火球喷出之前及喷出过程中抑制剂通过泄放孔排出。

6.5.3 降低氧浓度的抑制

对于那些通过抑制不能实现有效爆炸保护的爆炸危险,把部分氧气置换成惰性气体能降低 K_{max} 。

应对特定应用进行试验验证这种组合系统的功效。应监控氧气浓度确保不会超过允许的限值。

6.5.4 部分容积

当能够明确证实爆炸仅可能在部分容积中发生,并且在正常和非正常运行条件下都不会形成粉尘层时,允许设计和使用这种仅限于部分容积的抑爆系统。这种系统可用于喷雾干燥器。

图 11 为这种外壳的例子,其中可爆炸浓度仅散布在下部。

对于这种情况,应利用爆炸火焰速度 s_f 及从点燃到完全抑制爆炸的时间确定安全距离“ z ”。

$$z = s_f \times t_{supp}$$

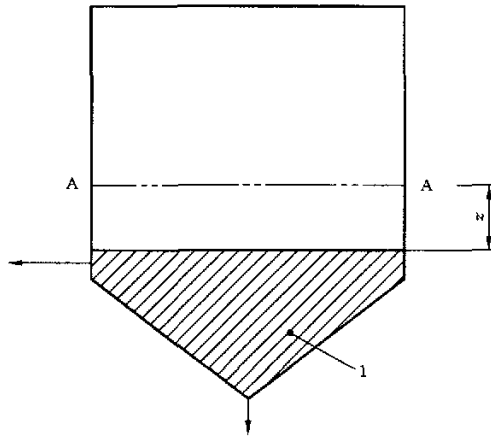
式中:

z ——安全距离,单位 m;

s_f ——火焰速度,单位 m/s;

t_{supp} ——点燃到完全抑制爆炸的时间,单位 s。

该尺寸确定了一个分界线限值(见图 11)AA,AA 之上不需要爆炸抑制物。注意,仅在应用装置不会有爆炸从任何连接管道/外壳传播到非爆炸容积部分时,这种部分容积保护才有效。



图例:

1——爆炸性环境。

图 11 可爆炸浓度仅散布在下部的外壳示例

6.5.5 隔离的容积

在某些加工设备中容积被有效隔膜/填充层分成无可爆炸浓度存在的干净容积,和可能出现爆炸性环境的容积(不干净)部分。

对于此类设备(过滤器、干燥床等),如果通过隔膜/填充层的压力冲击力大于可能出现爆炸性环境的容积部分内点燃产生的抑制/降低的爆炸压力,要求安装一个爆炸抑制系统仅保护爆炸性(不干净)容积部分就可以了。如果不能保证隔膜/填充层的完整性,则外壳的全部容积都应由抑爆系统保护。

6.5.6 阻碍容积

在某些情况下,由于外壳有内部阻碍物,不能保证外壳的全部容积内散布有抑制物。阻碍物可能是袋状过滤器元件或者是支撑篮框上过滤袋。应考虑这种无保护的容积元件的影响。外壳内产生的、抑制的最大爆炸压力 $p_{red,max}$ 可用下式计算得出:

$$p_{red,max} = p_{red} + [V_0 \times T_u \times p_{max} / V \times T_b]$$

$$(V_0 \leq 0.5 V)$$

式中:

p_{red} ——如果没有内部阻碍物预计可能形成的抑制爆炸压力,单位 Pa;

V_0 ——总容积 V 中未被抑制物有效覆盖的容积部分(阻碍容积),单位 m^3 ;

- T_0 ——初始温度(未燃烧),单位 K;
 T_b ——绝热的火焰温度(已燃烧),单位 K;
 p_{\max} ——爆炸的最大爆炸过压,单位 Pa。

这种计算不适用于重复出现阻碍物火焰急剧加速的环境。

6.6 试验报告

试验报告应包含以下信息:

- a) 产品特征:
 - 1) 样品特征;
 - 2) 样品预处理;
 - 3) 粒度分布及湿气含量的特征数据;
 - 4) 符合 GB/T 16425、GB/T 16426、EN 13673-1、EN 13673-2、EN 14034-4 和 EN 26184-3 的爆炸特性(p_{\max} , K_{\max})。
- b) 试验设备特征:
 - 1) 试验外壳尺寸简图;
 - 2) 外壳容积,纵横比表面积;
 - 3) 用于产生同质或不同质燃料云的粉尘分撒系统;
 - 4) 试验外壳中燃料(样品)未抑制的爆炸参数。
- c) 爆炸抑制系统特征:
 - 1) 抑制物类型;
 - 2) 探测系统;
 - 3) 分撒;
 - 4) HRD 抑制器类型;
 - 5) HRD 抑制器的数量及位置;
 - 6) 分撒推进压力;
 - 7) 每个 HRD 抑制器的抑制物荷载。
- d) 结果:
 - 1) 试验数据;
 - 2) 点燃延迟时间(涡流指数);
 - 3) 探测压力;
 - 4) 试验结果与列线图或计算机模型比较。
- e) 其他:
 - 1) 报告应包含所有相关的观察信息以及上面可能未完全介绍的信息;
 - 2) 如有必要,允许与规定的试验程序发生偏离,但应在试验报告中准确记录这种偏离;
 - 3) 试验由国家授权的检验机构进行。试验报告应有试验机构代表签字,并应编号、注明日期。

7 抑爆系统的安全完整性

7.1 概述

下列要求应保证达到认可水平的安全完整性。

7.2 避免及控制系统故障的措施

在设计和研制硬件过程中,应采用为此设计的一组合适的技术和措施,防止出现故障。

在设计和研制软件的过程中应采用一组合适的技术和措施。

设计应防止:

- a) 硬件的任何遗留设计错误;
- b) 不利的环境条件,包括电磁干扰;
- c) 操作员造成错误;
- d) 软件的任何遗留设计错误。

抑爆系统的可靠性应是这样:由硬件随机故障造成的故障概率,满足符合上述安全完整性水平的主要故障措施。

7.3 电气连接控制

下列设备的电子连接至少应监控其短路、开路及接地故障:

- a) 传感器;
- b) HRD 抑制器。

对于 HRD 抑制器连接不要求短路监控。

出现确定的故障使系统的安全功能不能保证达到认可水平的安全完整性时,抑制系统应配置故障安全措施保证装置处于安全状态。

7.4 显示器和信息控制显示器 CIE

任何触发和错误信息都应在 CIE 上表现和显示出来,表明其原因和特征。在触发抑制系统时,CIE 应提供措施,启动被保护装置的紧急停止程序。

7.5 电源

应有两个独立的能量来源作为 CIE 的电源。使用蓄电池时,应适宜局部操作并能维持充足的电量。

蓄电池作为备用电源时应至少保证 4 h 的电量。

电源应独立适当保护,并且不应因紧急开关而断电。

8 安装

8.1 概述

应由有资格的安装人员,按照现有使用手册的要求进行安装。

8.2 线缆安装

电缆生产商或供应商规定的电缆技术条件,应遵照执行。只有经生产商或供应商书面同意才能对电缆技术条件进行修改。

用于防爆系统的电缆应与电源电缆隔离并分开走线。参看供应商建议。

8.3 组装

8.3.1 概述

组成防爆系统的元件应在系统设计时确定其位置。只有经生产商或供应商书面同意后才可对其位置进行改动。

8.3.2 装配

最终用户应对所有与加工过程接触的抑爆设备进行验收批准。

最终用户应向生产商或供应商提供产品相关信息,如堆积存储、增加的保护类型、防腐要求或特定气候条件。

8.4 试运行

8.4.1 概述

防爆设备的试运行应由有资格的人员进行。

8.4.2 试运行阶段

在试运行阶段应根据供应商的建议完成最低限度的程序。

8.4.3 说明书

负责操作的最终用户或授权人员(通常为两人)应由生产商或供应商培训或提供关于如何操作和控制防爆设备的信息。

具有唯一系统编号的整套文件(见 9.3)(使用中文语言),应提供给最终用户。文件应包含系统性能、设计、应用、操作指南及重要安全事项的所有信息,这些都是防爆设备安全运行所需要的,必要时还应包括关于特征性能的技术基础文件及数据限值。

负责操作抑制设备最终用户或授权人应被告知其作为操作员的职责。

8.4.4 试运行报告

应提供负责验收试验的签字的试运行报告。

8.4.5 安全

防爆系统运行和安全方面的全部信息应告知用户。

对被保护的装置进行维护之前,防爆设备应断开连接(连接到暂时不用的位置)。建议防爆设备与被保护装置的加工控制系统连锁,在防爆保护设备没有连接(在用)之前,任何加工操作不能重新启动。

防爆保护设备正在工作时严禁操作人员进入被保护的外壳内,并应采取内部措施(例如,入口进入许可和连锁)防止此类情况发生。

HRD 抑制器的处理和检查只应由生产商或供应商有资质的人员进行,或者由同一系统的设计机构事先指导或授权的人员进行。

8.5 维护

8.5.1 概述

抑爆系统每年应由有资质的人员至少检查一次。根据加工和/或环境条件可进行多次检查。

8.5.2 维护

维护包括:

- a) 养护装置部件,更换使用寿命到期的元件,元件与装置的校准、重新校准和平衡,进行功能试验。
- b) 发生的所有事故及起因征兆、(如有可能)原因,以及维护和改动采取的所有措施,应在永久供设备操作人员使用的运行日志中连续报告。这份报告应由负责操作的用户或者用户指导的人员记录。

9 标志和包装

9.1 概述

除 9.4 允许之外,抑爆系统的每个元件都应按照 9.2 进行标志。

抑爆系统应按照 9.3 进行唯一性编号。

标志应持久且不影响抑爆系统的性能,如果可行在安装后应能看到。

抑爆系统的元件的包装应能防止影响其性能的损害。

9.2 抑爆系统元件

抑爆系统的每个元件都应有永久标志,最好是牢固固定在元件上的标牌上,并且应清晰可见。

标志应至少包括下列内容:

- a) 探测器/感应传感器:
 - 1) 额定运行温度;
 - 2) 部件编码和类型;
 - 3) 序列号;
 - 4) 设备级别;
 - 5) 外壳防护等级;

- 6) 防爆合格证。
- b) HRD 抑制器：
 - 1) 额定运行温度；
 - 2) 额定压力及设置压力；
 - 3) HRD 抑制器填充料(粉的类型和气的类型)；
 - 4) 表示“正压外壳”的标签,包括防爆合格证；
 - 5) 部件编号和类型；
 - 6) 序列号；
 - 7) 用于分类场所的标志；
 - 8) IP 等级。
- c) 和显示设备(CIE)：
 - 1) 额定运行温度；
 - 2) 部件编号和类型；
 - 3) 序列号；
 - 4) 适用时用于分类场所的标志;(如适用)
 - 5) IP 等级；
 - 6) 防爆合格证。

9.3 抑爆系统

工作编号应参照现有操作指南。

整个系统也应有防爆合格证。标识至少应包含下列内容：

- 供应商名称和地址；
- 系统防爆合格证号；
- 抑爆系统的信息。

标志示例如下：

抑爆系统型号、名称
抑爆系统的防爆标志： 防爆检验机构代码及防爆合格证证书编号： 产品编号或年月： 特殊条件：
制造商名称和地址

9.4 省略标志

当抑爆系统元件的尺寸和外形不允许标识所有要求的标志内容,或者标志可能影响性能时,应根据实际情况尽可能满足标志要求。

标志通常应包含一个唯一性编号,通过该编号可把产品、防爆合格证和的相关文件(含标志中省略的信息)编号相联系。

附录 A
(资料性附录)
形成列线图型设计指南

A.1 概述

生产商利用系统设计指南预测某一特定应用中抑爆系统的技术要求。例如,在评估实际情况时,HRD 抑制器的最少数量是保证系统功效的基本安全要求。最常用的设计指南是简单的列线图型外壳。在本附录中介绍了如何形成这种列线图。

A.2 设计列线图

对于这种设计列线图,例如,在容积为 V 的紧凑外壳中,抑制规定爆炸强度的爆炸要求的某类型 HRD 抑制器的最少数量,可参考下列等式确定:

$$N_s = c \times V_{2/3} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

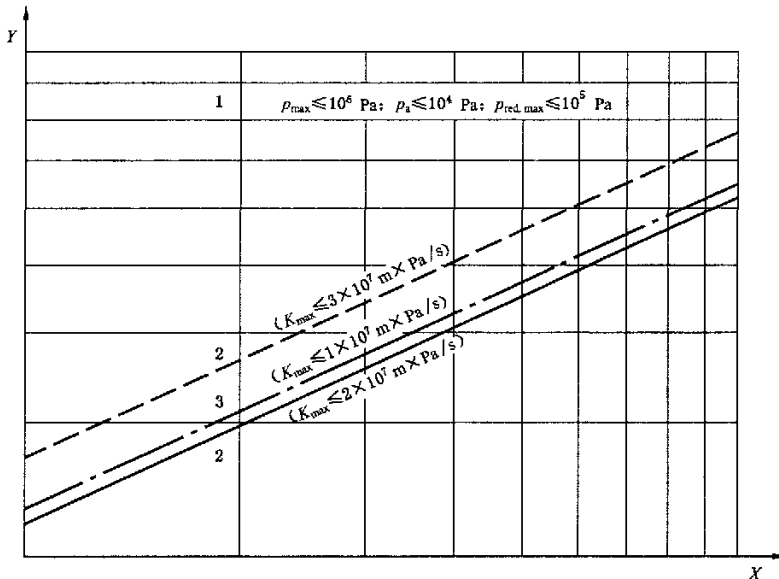
N_s ——HRD 是某类型抑制器的最少数量;

c ——常量,单位: m^{-3} ;

V ——容器容积,单位: m^3 。

应使用一系列特定 HRD 抑制器进行大量连续试验确立等式,从而确定常量 c 。

图 A.1 所示为这种列线图的一个例子。

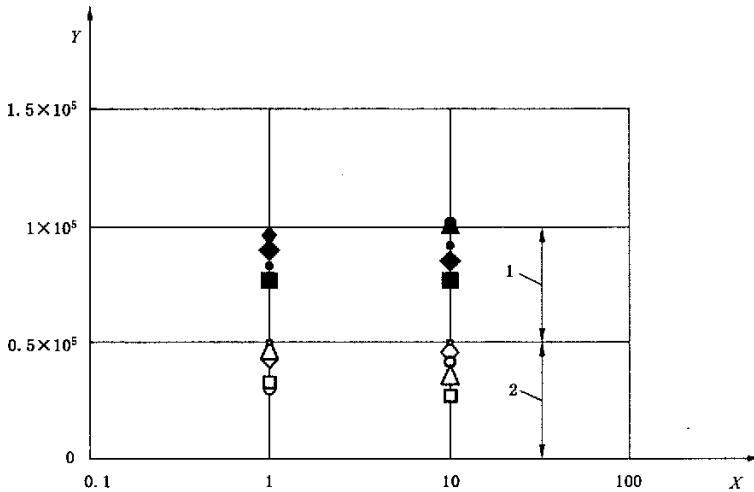


图解:

- 1——特定类型的 HRD 抑制器;
- 2——有机粉尘;
- 3——静止气体;
- Y——HRD 抑制器的最少数量 N_s ;
- X——容器容积 V ,单位 m^3 。

图 A.1 特定抑爆系统的设计列线图

如果通过试验已经证明最大降低的爆炸过压 $p_{red,max}$ 测量值不大于由设计列线图得出的 $p_{red,max}$ ，则对于给定设备强度 p 和给定 HRD 抑制器类型及恒定触发压力 p_s ，可用设计列线图(见图 A. 1)预测 HRD 抑制器的最少数量。应进行试验形成列线图，每个列线图等式要用至少两个不同容积的外壳，在下列每组燃料范围内，对于一种气体类型应在最佳浓度下进行至少 5 次爆炸试验(见图 A. 2)，或者对于具有不同爆炸指数(p_{max}, K_{max})的每种粉尘在最佳浓度下进行两次试验。



图解：

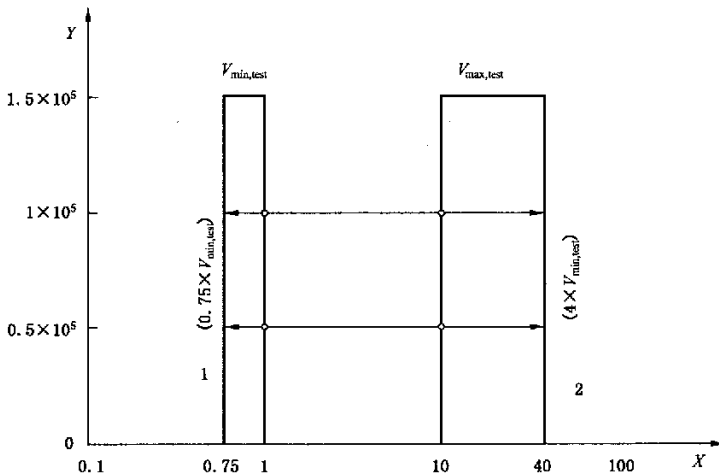
1——范围 2: 对于 $p = p_{red,max} = 1 \times 10^5$ Pa, $N = C_2 \times V_{2/3}$;

2——范围 1: 对于 $p = p_{red,max} = 0.5 \times 10^5$ Pa, $N = C_1 \times V_{2/3}$;

Y—— $p_{red,max}$, 单位: Pa;

X——容器容积 V , 单位: m^3 。

图 A. 2 对一个燃料范围的设计指南



图解：

1——外壳容积下限；

2——外壳容积上限；

Y—— $p_{red,max}$, 单位: Pa;

X——容器容积 V , 单位: m^3 。

图 A. 3 单个燃料范围容积限值设计指南

a) 粉尘燃料:

——范围 1: $K_{\max} \leq 2 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$;

——范围 2: $2 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1} < K_{\max} \leq 3 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$;

——范围 3: $3 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1} < K_{\max} \leq 8 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$;

验证使用的粉尘数量取决于使用范围:

——范围 1: 三种化学成分完全不同的粉尘, 如 $p_{\max} = 1 \times 10^6 \text{ Pa} \pm 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 和 $K_{\max} = 2 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1} \pm 4 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的自然粉尘、塑料和染料;

——范围 2: $p_{\max} = 1 \times 10^6 \text{ Pa} \pm 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 和 $K_{\max} = 3 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1} \pm 6 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的两种不同粉尘;

——范围 3: p_{\max} 和 K_{\max} 值取决于使用目的的两种不同粉尘。

b) 气体燃料:

当气体或蒸气的 K_{\max} 值或基本燃烧速率大于丙烷的这些参数时, 应使用具有等同或更高爆炸特性的气体或蒸气对抑爆系统的性能进行评定(见 GB/T 16426)。

对于有涡流的情况下, 应采用标准涡流试验方法, 但要通过改变点燃延迟改变涡流, 见 EN 26184-3)。

c) 异态混合物燃料:

对于异态混合物, 涡流条件的气体 and 粉尘要分别试验, 最不利的情况作为抑制系统的功效标准(也参见 EN 26184-3)。

如果拟爆系统不能抑制上述所有燃料类型爆炸范围内的爆炸, 则拟爆系统的有效性可限定在具体范围内。

用二个选定的试验容积和上述燃料范围, 验证试验抑制系统列线图等式的实际方法如下:

- 1) 爆炸抑制的最不利条件, 应依据抑制系统和所选的测试燃料, 在两个所选试验容积中的较小者内确定。这些试验将利用被测试的抑制系统确定燃料范围中最难抑制的燃料。
- 2) 然后在两个所选试验容积中的较大者内, 用每个燃料范围内最难抑制的燃料, 完成试验抑制系统的列线图等式的验证。

此类设计列线图以及用于所有燃料的等式, 仅应认为对试验外壳容积及确认的参数范围有效(燃料类型, p_{\max} , K_{\max} , p_a , $p = p_{\text{red, max}}$), 容积值之间可以内插, 仅在下列条件下容积值可以外推:

最小容积 $V_{\min} = 0.75 \times V_{\min, \text{test}}$

最大容积 $V_{\max} = 4.00 \times V_{\max, \text{test}}$

若应用范围超出这些限值, 应咨询专家意见。在某些情况下, 允许超过上述容积范围限值, 但应能有准确的科学解释证明其有效性。