



中华人民共和国国家标准

GB 15605—201X

代替 GB/T 15605—2008

粉尘爆炸泄压规范

Code for pressure venting of dust explosions

(报批稿)

201X—XX—XX 发布

201X—XX—XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 一般规定.....	4
4.1 通则.....	4
4.2 爆炸泄压设计.....	6
4.3 容器的爆炸泄压.....	6
4.4 管道的爆炸泄压.....	7
4.5 泄压导管.....	7
5 泄压面积计算.....	7
5.1 一般要求.....	7
5.2 独立容器的泄压.....	8
5.3 特殊的粉尘云条件.....	9
5.4 互相连通的容器系统的爆炸防护.....	10
5.5 管道的爆炸防护.....	11
5.6 泄压导管的影响.....	12
5.7 异相混合物.....	13
6 泄压设计的补充考虑.....	14
6.1 火焰效应.....	14
6.2 压力效应.....	14
6.3 反冲力.....	16
6.4 真空消除器.....	16
7 使用说明.....	17
8 安装、检查、维护与维修.....	17
附录 A（资料性附录）设计举例.....	19
A.1 容器、料仓泄压面积的计算.....	19
A.1.1 容器的设计强度对泄压面积的影响.....	19
A.1.2 容器的长径比对泄压面积的影响.....	19
A.1.3 泄压装置的泄压效率对泄压面积的影响.....	19
A.2 泄压导管对容器设计强度的影响.....	20
A.3 泄压容器外部火焰长度与外部峰值压力.....	20
A.4 反冲力.....	21
A.5 外滤式袋式除尘器.....	21
A.6 旋风除尘器.....	22
A.7 斗式提升机.....	23

附录 B (资料性附录) 计算泄压面积时确定被保护容器/料仓的长径比.....	25
B.1 圆筒形容器顶部泄压.....	25
B.2 圆筒形容器侧面泄压.....	26
B.3 带椎体的圆筒形容器顶部泄压.....	26
B.4 带椎体的圆筒形容器侧面泄压 (泄压口靠近椎体)	27
B.5 带椎体的方形容器侧面泄压.....	28
B.6 带椎体的方形容器侧面泄压 (泄压口靠近椎体)	28
B.7 方椎和圆锥的体积计算.....	29
B.8 带有椎体 (料斗) 的方形布袋除尘器的侧面泄压, 泄压口靠近椎体	30
附录 C (资料性附录) 建 (构) 筑物的爆炸泄压计算.....	31
C.1 建筑物泄压面积计算方法.....	31
C.2 内表面积计算.....	31
附录 D (资料性附录) 导向板	33

前 言

本标准代替 GB/T 15605—2008《粉尘爆炸泄压指南》。

本标准是对 GB/T 15605—2008 进行修订的标准。

本标准与 GB/T 15605—2008 对比，主要有如下变化：

- GB/T 15605—2008 是推荐性标准，本标准是强制性标准；
- 增加了有关耐爆炸设计与爆炸泄压装置的规范性引用文件（2008 版的第 2 章，本版的第 2 章）；
- 增加了气氛惰化、粉体惰化、无火焰泄压等术语，删除了有效长径比、最大火焰长度等术语（2008 版的第 3 章，本版的第 3 章）；
- 2008 版的第 4 章“爆炸泄压的应用”改为本版第 4 章“一般要求”。本版第 4 章的重要改动为：增加了在没有采取其它预防或控制爆炸措施的情况下，应采用爆炸泄压措施的条款。增加了允许不采用泄压措施的豁免条款（2008 版的第 4 章；本版的第 4 章）；
- 修改了容器泄压面积的计算方法：2008 版采用 VDI 3673:2002 的计算方法，本版采用 EN 14491:2012 的计算方法（2008 版的第 5 章；本版的第 5 章）；
- 修改了管道泄压相关规定：强调应综合运用隔爆、提高耐爆炸性和相连容器的爆炸保护来实现管道爆炸保护，泄压不是管道保护的优先选择。规定了泄压口间距的计算公式（2008 版的第 4.3 节；本版的第 5.5 节）。
- 2008 版的第 6 章“火焰及压力的危害”、第 8 章“反冲力”整合为本版的第 6 章“泄压设计的补充考虑”（2008 版的第 6 章、第 8 章；本版的第 6 章）。
- 2008 版的第 7 章“泄压导管”整合至本版的第 5.6 节（2008 版的第 7 章；本版的第 5.6 节）。
- 2008 版的第 9 章“杂混物”整合至本版的第 5.7 节“异相混合物”（2008 版的第 9 章；本版的第 5 章）。
- 删除了 2008 版的第 10 章“泄压装置”，新制定了标准“GB XXX 爆炸泄压装置技术要求（与本标准同时发布）”（2008 版的第 10 章）；
- 增加了“使用说明”（本版的第 7 章）；
- 2008 版的第 11 章“维修”改为本版的第 8 章“安装、检查、维护与维修”；
- 删除了 2008 版的附录 A“特殊输送系统面积计算”，内容整合至本版的第 5.3 节“特殊的粉尘云条件”（2008 版的附录 A；本版的第 5.3 节）；
- 2008 版的附录 B“设计举例”调整为本版的附录 A“设计举例”（2008 版的附录 B；本版的附录 A）；
- 2008 版的附录 C“计算泄压面积时确定被保护容器/料仓的长径比”调至本版的附录 B（2008 版的附录 A；本版的附录 B）；
- 删除了 2008 版的第 5.3 节“建筑物泄压面积计算”，增加了附录 C“建（构）筑物的爆炸泄压计算”（2008 版的第 5 章；本版的附录 C）
- 增加了资料性附录“导向板”（本版的附录 D）；

——增加了资料性附录外滤式袋式除尘器、旋风除尘器和斗式提升机的设计举例（本版的附录 A.5、附录 A.6 和附录 A.7）；

本标准除 1、2、3 章，4.4.6 b) 和 4.4.6 d) 外的全部技术内容为强制性。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 为资料性附录。

本标准由国家安全生产监督管理局提出。

本标准由全国安全生产标准化技术委员会粉尘防爆分技术委员会归口。

本标准起草单位：东北大学、沈阳因斯福环保安全科技有限公司、沈阳新光航宇安全系统有限公司、中钢集团安全环保研究院、上海华理安全装备有限公司。

本标准主要起草人：

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 15605—1995。

——GB/T 15605—2008。

粉尘爆炸泄压规范

1 范围

本标准规定了粉尘爆炸危险场所工艺设备爆炸泄压设计、安装、检查维护与维修的要求。

本标准适用于可燃粉尘。

本标准不适用于有毒性或腐蚀性的粉尘、烟花爆竹、火炸药、含能材料或其它不需要助燃气体能自身发生爆炸的粉尘。

本标准不适用于可能发生粉尘爆轰和热失控反应的设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 12476.1 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分：通用要求

GB/T 15604 粉尘防爆术语

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 24626 耐爆炸设备

GB/T 25445 抑制爆炸系统

GB/T XXX 爆炸泄压装置技术要求（与本标准同时发布）

3 术语和定义

GB/T 15604、GB/T 16426 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为便于使用，以下重复列出了 GB/T 15604 中的某些术语和定义。

3.1

围包体 enclosure

内部存在空间，围包可燃粉尘的物体，包括房间、建筑物、容器、设备和管道等。

3.2

爆炸泄压 explosion venting

泄压，泄爆

一种控制围包体内爆炸压力的防护方法，通过打开预先设计的泄压口，释放未燃混合物与燃烧产物，防止压力上升超过设计强度以保护围包体。

3.3

粉尘爆轰 **dust detonation**

火焰速度超过原始粉尘云中音速的粉尘爆炸现象。

[GB/T 15604-2008, 定义 2.12]

3.4

热失控反应 **runaway exothermic reactions**

当反应条件产生微小变化时, 导致反应速率发生剧烈变化的放热反应。

3.5

异相混合物 **hybrid mixture**

杂混物

不同相态的可燃物质与空气的混合物。

3.6

受控爆炸压力 **reduced explosion overpressure**

p_{red}

采取了爆炸控制措施后, 受保护围包体内发生爆炸的压力峰值。

注: 如果爆炸控制措施为爆炸泄压, 受控爆炸压力也称泄爆压力。

3.7

最大受控爆炸压力 **maximum reduced explosion overpressure**

$p_{red, max}$

系统地改变可燃物的浓度所测得的受控爆炸压力 p_{red} 的最大值。

注: 如果爆炸控制措施为爆炸泄压, 最大受控爆炸压力也称最大泄爆压力。

3.8

静开启压力 **static activation pressure**

p_{stat}

按标准的测试方法, 通过压力缓慢上升使泄压装置动作的内外压力差。

3.9

几何泄压面积 **geometric venting area**

A_v

在考虑流通截面积减小的情况下, 包括背压支撑装置、约束装置和爆炸泄压后的残留部件, 爆炸泄压时泄压口的最小流通截面积。

3.10

有效泄压面积 **effective venting area**

A_E

对于有惯性的泄压装置, 达到同样泄压效果的基准泄压元件的几何泄压面积。

注: “同样泄压效果”用达到同样的最大受控爆炸压力 $p_{red, max}$ 来衡量。

3.11

理论泄压面积 required vent area

A

爆炸泄压效率为理想值 ($E_F = 1$) 时爆炸泄压所需的泄压面积。

3.12

泄压效率 venting efficiency E_F

为有效泄压面积与几何泄压面积的比值，表示泄压装置因为存在惯性或灭火元件而降低泄压效果的无量纲数。

示例：

某泄爆门的几何泄压面积为 1 m^2 ，如果实际测试表明其泄压效果与 0.7 m^2 的基准泄压元件的泄压效果一致，则其有效泄压面积为 0.7 m^2 ，其泄压效率为 0.7。

注：基准泄压元件的泄压效率为 1。

3.13

泄压导管 venting duct

用于将泄压口引向安全区域的管道。

3.14

真空消除器 vacuum breaker

防止容器在内压下降到低于环境压力时发生损坏的设备。

3.15

爆炸泄压装置 explosion venting device

泄压装置，泄爆装置

采用爆炸泄压方法保护围包体的装置，在正常作业时封闭泄压口，在爆炸时打开泄压口释放爆炸压力。

3.16

无火焰爆炸泄压 flameless explosion venting

无火焰泄压，无火焰泄爆

一种可以防止火焰传播到被保护设备和泄压装置的外部，并降低爆炸对外部造成危害的爆炸泄压方法。

3.17

无火焰爆炸泄压装置 flameless explosion venting device

无火焰泄压装置，无火焰泄爆装置

带有灭火元件，采用无火焰爆炸泄压方法保护围包体的装置。

3.18

基准泄压元件 baseline venting element

单位面积重量小于 $0.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 且在惯性作用下不阻碍泄压过程的泄压元件。

示例：

爆破板。

3.19

爆破板 rupture panel

爆破膜

一种不能重新关闭泄压口，且不能再次使用的爆炸泄压装置，它在一定的开启压力下破裂打开泄压口。

3.20

泄爆门 explosion venting door

一种可重用爆炸泄压装置，它在预定的开启压力下打开泄压口，且在泄压后能自动或手动关闭泄压口。

3.21

气氛惰化 atmosphere inerting

通过向被保护系统内充入惰化气体，使系统内混合物不能形成爆炸性环境，或增加混合物点燃难度的防爆技术。

3.22

完全气氛惰化 absolute atmosphere inerting

气氛惰化技术的一种，由于被保护系统内惰化气体的比例浓度足够高，无论可燃物与含氧混合气体的比例如何变化都不会形成爆炸性环境。

3.23

粉体惰化 dust inerting

向可燃粉尘中添加不可燃粉尘以提高其点燃能量使得粉尘混合物在正常的工况中点燃的风险非常低或使其不可爆的方法。

3.24

完全粉体惰化 absolute dust inerting

向可燃粉尘中添加不可燃粉尘直至其不可爆的防爆方法。

4 一般规定

4.1 通则

4.1.1 如果不满足以下要求之一，则粉尘爆炸危险场所的工艺设备应采取爆炸泄压措施保护：

a) 已经有效采取了以下爆炸防护措施的一种：

- 1) 采取完全气氛惰化措施；
- 2) 采用符合 GB/T 24626 要求的耐爆炸设备；

- 3) 按 GB 25445 采取爆炸抑制措施；
- 4) 采取完全粉体惰化措施；
- b) 同时满足以下条件的输送管道：
- 1) 管道与容器之间采取了爆炸隔离措施；
 - 2) 管道内部无粉尘积累，且管道内部粉尘云的浓度不大于粉尘爆炸极限的 25 %；

示例：

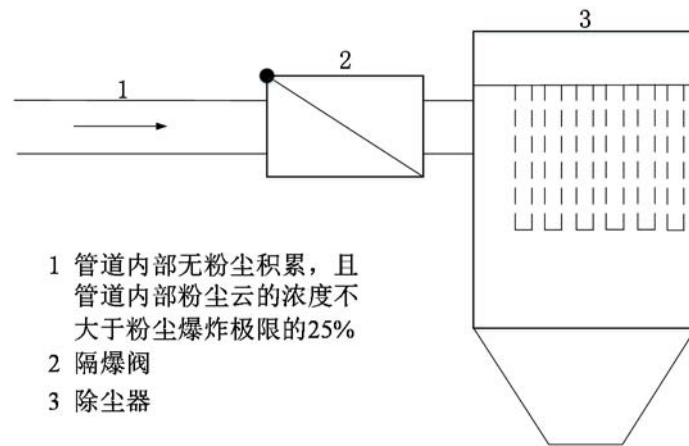


图 1 隔爆阀上游的进风管道

- c) 设备内存在爆炸危险环境的容积小于 0.2 m^3 ，且已采取其它有效的控爆措施；

注：容积小于 0.2 m^3 的设备仍然存在爆炸危害，其它控爆措施包括：预防点火源、提高设备强度、预留安全距离或限制人员接近等安全管理措施、容器接地和采用防爆风机等。

- d) 除尘系统的净室及其下游的排风管道和自卸式除尘器。

4.1.2 如果采用爆炸泄压保护的围包体位于建（构）筑物内，且泄压时存在二次爆炸风险或可能对人员造成危害，则应采用泄压导管将泄压口引到建（构）筑物外，或采用无火焰爆炸泄压装置。

4.1.3 泄压装置的有效泄压面积应不小于理论泄压面积。

4.1.4 泄压口附近应设置足够的危险区域和警示标志，危险区域包括火焰体积向外延伸 1 m 的范围，火焰长度和火焰宽度应按 6.1 的要求计算。

示例：

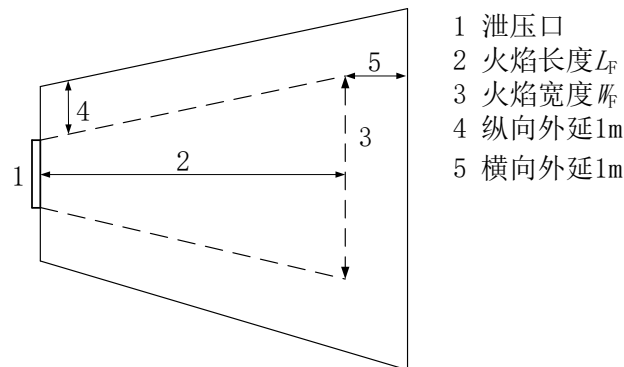


图 2 泄压口附近危险区域的平面图

4.1.5 泄压装置的设计和安装不应使人员受到泄压危害，且不产生危险的抛射物。

4.1.6 应使用探测装置感知泄压装置的开启，并发出报警或启动停机程序。该探测装置应符合 GB 12476.1 的要求。

4.2 爆炸泄压设计

4.2.1 爆炸泄压设计应评估爆炸在设备之间传播的可能性，如果存在爆炸在设备之间传播的风险，则应优先考虑采取隔爆措施。

4.2.2 围包体的理论泄压面积应按以下两种方法之一确定：

- a) 第 5 章规定的计算方法；
- b) 实验测试。

4.2.3 如果人孔或清扫口设计为具有泄压功能，则应符合 GB XXX《粉尘爆炸泄压装置技术要求》的规定。

4.2.4 最大受控爆炸压力 $p_{red, max}$ 不应超过被保护围包体上所有未设计为具有泄压功能部件的设计强度，包括阀门、视镜、人孔、清扫口等，不包括软管

4.2.5 爆炸泄压设计应有设计文档，文档包括其依据的数据应在泄压装置的生命周期内维护。

4.2.6 如果设备、与该设备连通的其它设备或设备所处理的物料发生变更，则应重新评估现有泄压设计和泄压装置的适用性。

4.2.7 泄压装置的静开启压力 p_{stat} 应根据被保护设备内正常操作压力及其波动范围，尽可能选取较低的值。

4.3 容器的爆炸泄压

4.3.1 容器容积应不包括其内障碍物的体积，例如，除尘器脏室容积应不包括其内的滤袋、滤筒或其它过滤介质包围的容积，附录 A.5 给出了脏室容积的计算方法。

4.3.2 如果容器内部有障碍物，则应保证泄压过程不被障碍物阻挡，例如，滤袋或滤筒不应遮挡泄压口；如果无法避免障碍物阻挡泄压口，则应在泄压面积计算中采用合理的泄压效率。

4.3.3 如果容器上无法设置足够的泄压面积，则应首先考虑综合应用爆炸泄压和其它爆炸控制技术（例如爆炸抑制和耐爆炸设计）；如果综合应用爆炸控制技术仍不可行（例如大型筒仓），则应在风险评估报告中注明设备内发生粉尘爆炸事故可能出现的后果，并减少作业人员在相关区域停留的时间。

4.3.4 外滤式袋式除尘器和旋风除尘器的设计示例见附录 A.5、A.6。

4.3.5 如果容器需要泄压但难以设置泄压口，则应在与其相连的管道上设置泄压口，此时泄压面积为管道的截面积，容器的强度应不小于按此泄压面积计算出的 $p_{red, max}$ ，设计示例见附录 A.6。

4.3.6 如果容器设置有自卸式除尘器，且自卸式除尘器无泄压设计，则容器泄压面积的计算应考虑自卸式除尘器脏室的容积。

4.3.7 如果容器顶部设置有独立的非自卸式除尘器，则除尘器与容器之间应采取爆炸隔离措施，且除尘器应采取泄压措施。

4.3.8 袋式除尘器的泄压口应设置在脏室；如果净室需要泄压，则脏室和净室应同时设置泄压口。

4.4 管道的爆炸泄压

4.4.1 管道的爆炸防护措施应优先考虑在管道和容器的连接部位附近的管道上设置爆炸隔离装置和/或提高管道强度使其足以承受预期的最大受控爆炸压力。

4.4.2 以下情况应对管道采取爆炸泄压措施：

- a) 管道内的预期爆炸压力超过管道的强度；
- b) 管道内压力升高可能导致与管道相连的容器内发生喷射点火；

4.4.3 在管道上设置泄压口时，如果管道有弯头或内部障碍，应优先考虑在弯头和障碍处进行泄压。

4.4.4 管道上的泄压装置的静开启压力，应不大于与管道相连设备上的泄压装置的静开启压力。

4.4.5 除斗式提升机以外的管道的泄压口的间距应按 5.5 规定的方法计算。每个位置的泄压面积应不小于箱体的截面积。

4.4.6 斗式提升机的泄压设计应符合以下要求，设计示例见附录 A.7：

- a) 应在顶部设置泄压装置；
- b) 宜在侧面的底部和中间每隔不超过 6 m 距离的位置设置泄压装置；
- c) 每个泄压装置的泄压面积应不小于箱体的截面积；
- d) 泄压装置的静开启压力宜不大于 0.01 MPa。

4.5 泄压导管

4.5.1 泄压导管的设计强度应不小于被保护设备的强度。

4.5.2 爆炸泄压装置应紧靠被保护设备的壁面，泄压元件离设备壁面的距离不应大于泄压导管的水力直径。

4.5.3 除了 4.5.4 规定的情形，泄压管道末端不应被封闭。

4.5.4 为了防止雨雪进入，应允许使用轻质覆盖物（单位面积重量 $<0.5 \text{ kg/m}^2$ ）封闭泄压管道末端，但轻质覆盖物不应成为危险的抛射物。

注：典型的轻质覆盖物包括橡胶圈固定的塑料板等。

5 泄压面积计算

5.1 一般要求

5.1.1 泄压面积应根据以下参数进行计算：

- a) 设备的有效容积 V ；
- b) 最大受控爆炸压力 $p_{\text{red, max}}$ ，即最大泄爆压力；
- c) 粉尘的爆炸特性参数：最大爆炸压力 p_{max} ，爆炸指数 K_{St} ；
- d) 设备的长径比 L/D ；

e) 泄压装置的静开启压力 p_{stat} ;

f) 泄压装置的泄压效率 E_F 。

5.1.2 最大爆炸压力 p_{max} , 爆炸指数 K_{St} 应按 GB/T 16426 规定的方法确定。

注: 本标准中的 K_{St} 即 GB/T 16426 中的 K_{max} 。

5.1.3 泄压装置的静开启压力 p_{stat} 和泄压效率 E_F 应按 GB/T XXXX 规定的方法确定。

5.1.4 计算泄压面积时, 如果静开启压力的相对允差 r 不超过 $\pm 25\%$, 则可以使用静开启压力 p_{stat} 的标称值, 否则, 应使用静开启压力范围的最大值 $((1+r) \times p_{\text{stat}})$ 。

5.1.5 如果泄压装置的泄压效率 < 1 , 则几何泄压面积 A_V 应按式 (1) 计算:

$$A_V = A / E_F \quad (1)$$

5.1.6 如果设备用于具有不同爆炸特性参数的粉尘, 则应分别计算泄压面积并取最大值, 或采用 p_{max} 的最大值和 K_{St} 的最大值计算泄压面积。

5.2 独立容器的泄压

5.2.1 如果满足公式的应用条件, 则独立容器的泄压面积应按式 (2) 或式 (5) 计算:

a) 如果 $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{red, max}} < 0.15 \text{ MPa}$, 则:

$$A = B \cdot [1 + C \cdot \lg(L/D)] \quad (2)$$

$$B = \left[8.805 \times 10^{-4} \cdot p_{\text{max}} \cdot K_{\text{St}} \cdot p_{\text{red, max}}^{-0.569} + 0.854 \cdot (p_{\text{stat}} - 0.01) \cdot p_{\text{red, max}}^{-0.5} \right] \cdot V^{0.753} \quad (3)$$

$$C = (-4.305 \cdot \lg p_{\text{red, max}} - 3.547) \quad (4)$$

b) 如果 $0.15 \text{ MPa} \leq p_{\text{red, max}} < 0.20 \text{ MPa}$, 则:

$$A = B \quad (5)$$

式中:

A ——泄压面积, 单位为 m^2 ;

V ——容器容积, 单位为 m^3 ;

式 (2) 和式 (5) 的应用条件如下:

——容器容积: $0.1 \text{ m}^3 \leq V \leq 10000 \text{ m}^3$;

——泄压装置的静开启压力: $p_{\text{stat}} \leq 0.1 \text{ MPa}$, 且如果 $p_{\text{stat}} < 0.01 \text{ MPa}$, 则取 $p_{\text{stat}} = 0.01 \text{ MPa}$;

——最大受控爆炸压力: $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red, max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$, 且 $p_{\text{red, max}} \geq (1+2r) p_{\text{stat}}$, r 为 p_{stat} 的相对允差;

—— p_{max} 与 K_{St} : 如果 $1 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \leq K_{\text{St}} \leq 30 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 $0.5 \text{ MPa} \leq p_{\text{max}} \leq 1 \text{ MPa}$;

如果 $30 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} < K_{\text{St}} \leq 80 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 $0.5 \text{ MPa} \leq p_{\text{max}} \leq 1.2 \text{ MPa}$;

——容器内点火前的初始条件:

——绝对压力 $\leq 110 \text{ kPa}$;

——氧浓度 $\leq 21\%$;

——温度： $(-20 \sim 60)^\circ\text{C}$

注1：如果爆炸特性参数校正到实际的工艺条件，且在上述温度范围外，则计算公式仍可应用。

——长径比： $1 \leq L/D \leq 20$;

注2：长径比 L/D 的计算示例见附录B。

5.2.2 如果5.2.1中公式应用条件中的任意一项不能满足，则应验证公式的适用性。

5.3 特殊的粉尘云条件

5.3.1 如果采用气力输送向容器进料，且进料口接近顶部中心轴线，则泄压面积应按式(6)或式(7)计算：

a) 如果容器高度 $L \leq 10\text{m}$ ，则按式(6)计算：

$$A = X \cdot [1 + Y \cdot \lg(L/D)] \quad (6)$$

b) 如果容器高度 $L > 10\text{m}$ ，则按式(7)计算：

$$A = 0.1 \cdot L \cdot X \cdot [1 + Y \cdot \lg(L/D)] \quad (7)$$

$$X = \left[1/D_z \cdot (8.6 \cdot \lg p_{\text{red, max}} + 2.6) - 5.5 \cdot \lg p_{\text{red, max}} - 1.8 \right] \cdot 0.11 \cdot K_{\text{St}} \cdot D_F \quad (8)$$

$$Y = 0.05754 \cdot p_{\text{red, max}}^{-1.27} \quad (9)$$

$$D_z = \sqrt[3]{4 \cdot V / \pi} \quad (10)$$

式中：

L/D ——容器的长径比；

D_F ——进料管线的直径，单位为m；

D_z ——容器的有效直径，单位为m。

式(6)和式(7)的应用条件如下：

——进料方式：在料仓上方轴向、中心位置，通过直径为 D_F 的管道，向无障碍物的料仓内进料（不考虑测量装置）；

——容器容积： $10 \text{ m}^3 \leq V \leq 250 \text{ m}^3$ ；

——最大输送风量： $Q \leq 2500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ；

——最大输送风速： $v_L \leq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

——进料管线的直径： $D_F \leq 0.3 \text{ m}$ ；

——泄压装置的静开启压力： $p_{\text{stat}} \leq 0.01 \text{ MPa}$ ；

——最大受控爆炸压力： $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red, max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$ ，且 $p_{\text{red, max}} \geq (1+2r)p_{\text{stat}}$ ， r 为 p_{stat} 的相对允差；

——粉尘最大爆炸压力： $p_{\max} \leq 0.9 \text{ MPa}$ ；

——粉尘爆炸指数： $5 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \leq K_{\text{St}} \leq 30 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

5.3.2 如果采用气力输送向容器和筒仓进料，且进料管道安装在靠近顶部边沿切向进料，则泄压面积应按式（11）计算：

$$A = X \cdot [1 + Y \cdot \lg(L/D)] \quad (11)$$

$$X = \left\{ \frac{1}{D_Z} \left[\frac{8.6}{k} (1 + \lg p_{\text{red,max}}) - \frac{K_{\text{St}}}{4.4} - 0.513 \right] - \frac{5.5}{k} \cdot (1 + \lg p_{\text{red,max}}) + \frac{K_{\text{St}}}{6.9} + 0.191 \right\} \cdot 0.11 \cdot K_{\text{St}} \cdot D_F \quad (12)$$

$$Y = 0.166 \cdot \exp(K_{\text{St}}/12.9) \cdot (10 \cdot p_{\text{red,max}})^{(-1.27/k)} \quad (13)$$

式中：

如果 $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{red,max}} \leq 0.1 \text{ MPa}$ ，则 $k=1$ ；

如果 $0.1 \text{ MPa} < p_{\text{red,max}} \leq 0.17 \text{ MPa}$ ，则 $k=2$ ；

D_Z 应按式（10）计算。

式（11）的应用条件如下：

——通过一根直径 $D_F \leq 0.2 \text{ m}$ 的管道切向进料；

——没有障碍物（不考虑检测设备）的圆形容器/筒仓；

——容器的容积 V ： $10 \text{ m}^3 \leq V \leq 120 \text{ m}^3$ ；

——长径比： $1 \leq L/D \leq 5$ ；

——最大输送风量： $Q \leq 2500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ；

——最大输送风速： $v_L \leq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

——泄压装置的静开启压力： $p_{\text{stat}} \leq 0.01 \text{ MPa}$ ；

——最大受控爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$ ： $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red,max}} \leq 0.17 \text{ MPa}$ ，且 $p_{\text{red,max}} \geq (1+2r)p_{\text{stat}}$ ， r 为 p_{stat} 的相对允差；

——粉尘最大爆炸压力： $p_{\max} \leq 0.9 \text{ MPa}$ ；

——粉尘爆炸指数： $10 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \leq K_{\text{St}} \leq 22 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

5.3.3 如果采用自由落体向容器和筒仓进料，例如通过旋转下料阀或螺旋进料机等，且进料速率不大于 8000 kg/h ，则泄压面积应按式（6）或式（7）计算。

5.3.4 如果容器安装有集成式除尘器，且满足以下所有条件，则 5.3.1~5.3.3 中的公式仍适用：

- a) 除尘器所占容积小于整个容器容积的 5%；
- b) 除尘器的抗压强度应不低于容器的强度。

5.4 互相连通的容器系统的爆炸防护

5.4.1 互相连通的容器系统的爆炸防护应优先考虑在连接管道中采取爆炸隔离措施。

5.4.2 如互相连通的容器系统采取了爆炸隔离措施，应允许每个容器的泄压按 5.2 和 5.3 规定的计算

方法确定泄压面积。

5.4.3 如互相连通的容器系统未采取爆炸隔离措施，应按 5.4.4 和 5.4.5 规定的计算方法确定泄压面积。

5.4.4 如果管道的公称直径不大于 300 mm，管道长度不大于 6 m，且粉尘的 K_{St} 值不大于 $20 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，则采用泄压保护的管道相连容器系统，应满足以下要求：

- a) 如果两个容器具有相近的尺寸（容积差不超过 10%），则每个容器均应按式（1）~（5）计算泄压面积。
- b) 如果容器尺寸不同，则计算泄压面积所用的最大受控爆炸压力应满足 $p_{\text{red,max}} \leq 0.1 \text{ MPa}$ ，且每个容器的设计压力应不小于 0.2 MPa；如果较小的容器不能泄压，则此容器应设计为耐最大爆炸压力，且较大的容器的泄压面积应为按独立容器计算得到的泄压面积的两倍；如果较大的容器不能按该要求泄压，则还应采取爆炸泄压之外的爆炸保护措施。
- c) 泄压装置的静开启压力 p_{stat} 应不大于 0.02 MPa。

5.4.5 如果管道的公称直径不大于 500 mm，管道长度不大于 15 m，且容器容积不大于 20 m^3 ，则采用泄压保护的管道相连容器系统，应满足以下要求：

- a) 如果 $K_{St} \leq 15 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，且无量纲泄压面积（理论泄压面积与容器容积的 $2/3$ 次方的比值，即 $A/V^{2/3}$ ）大于 0.25，则最大受控爆炸压力应不大于 0.05 MPa；
- b) 如 $15 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} < K_{St} \leq 25 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，且无量纲泄压面积大于 0.4，则最大受控爆炸压力应不大于 0.05 MPa；
- c) 泄压装置的静开启压力 p_{stat} 应不大于 0.01 MPa；
- d) 泄压面积应分配给两个容器，且每个容器的无量纲泄压面积相等。

5.4.6 如果互相连通容器系统未采取爆炸隔离措施，且不满足 5.4.4 和 5.4.5 规定的计算公式应用条件，则应通过型式试验验证或向专家咨询。

5.5 管道的爆炸防护

5.5.1 如果管道需要采取泄爆保护，且与管道相连容器的 $p_{\text{red,max}}$ 不大于 0.05 MPa，则泄压口间距 L_V 应不大于最大泄压口间距 L ，且 L 应按以下公式计算：

- a) 如果 $K_{St} \leq 10 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ， $L/D \leq 100$

$$L = D \cdot \left\{ 324.8 \cdot \left[1 - \exp(-1.072 \cdot p_{\text{red,max}}) \right] \right\} \quad (14)$$

- b) 如果 $10 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} < K_{St} \leq 20 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ， $L/D \leq 50$

$$L = D \cdot \left[83.57 - 81.99 \cdot \exp(-1.64 \cdot p_{\text{red,max}}) \right] \quad (15)$$

- c) 如果 $20 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} < K_{St} \leq 30 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ， $L/D \leq 50$

$$L = D \cdot \left[63.76 - 62.42 \cdot \exp(-1.484 \cdot p_{\text{red,max}}) \right] \quad (16)$$

式中：

L ——最大泄压口间距，单位为 m；

D ——管道直径，单位为 m，且 $0.2\text{m} \leq D \leq 0.6\text{m}$ ；

$p_{\text{red,max}}$ ——管道的最大受控爆炸压力，应低于管道强度。

5.5.2 如果管道需要采取泄爆保护措施，且不满足 5.5.1 规定的条件，则应通过型式试验验证或向专家咨询。

5.6 泄压导管的影响

5.6.1 如果单个泄压导管的长径比 $l/d \leq 0.5$ ，且泄压导管的容积小于被保护容器的容积，则应允许不考虑泄压导管对最大受控爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$ 的影响。

注：方形泄压导管的直径 d 取其水力直径。

5.6.2 如泄压导管不满足 5.6.1 的要求，则容器的最大受控爆炸压力 $p'_{\text{red,max}}$ 应按式 (17) 计算：

$$p'_{\text{red,max}} = p_{\text{red,max}} \cdot (1 + 17.3 \cdot (A \cdot V^{-0.753})^{1.6} \cdot l) \quad (17)$$

式中：

$p'_{\text{red,max}}$ ——有泄压导管情况下被保护容器的最大受控爆炸压力，单位为 MPa；

$p_{\text{red,max}}$ ——无泄压导管情况下被保护容器的最大受控爆炸压力，单位为 MPa；

A ——无泄压导管情况下理论泄压面积，单位为 m^2 ；

V ——被保护容器的体积，单位为 m^3 ；

l ——泄压导管的长度，单位为 m。

式 (17) 的应用条件如下：

——容器容积： $0.1\text{m}^3 < V < 10000\text{m}^3$ ；

——泄压管道的长径比： $0.5 < l/d \leq 20$ ；

——泄压管道的长度： $l \leq 10\text{m}$ ；

——泄压装置的静开启压力： $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{stat}} \leq 0.02 \text{ MPa}$ ；

——有泄压导管最大受控爆炸压力： $p'_{\text{red,max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$ ；

——无泄压导管最大受控爆炸压力： $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red,max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$ ，且 $p_{\text{red,max}} \geq (1+2r)p_{\text{stat}}$ ， r 为 p_{stat} 的相对允差；

——粉尘爆炸参数 p_{max} 与 K_{St} ： $0.5 \text{ MPa} < p_{\text{max}} < 1.2 \text{ MPa}$ ，且 $1 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} < K_{\text{St}} < 40 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，但如果是金属粉尘，则 $K_{\text{St}} < 20 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

5.6.3 对于 p_{max} 、 K_{St} 和 p_{stat} 等参数，如果任何一个参数的值小于式 (17) 规定的有效范围，则应取该参数有效范围的最小值。

5.6.5 如果泄压管道的长度达到 l_s ，则泄压导管的影响达到极限，泄压导管的长度应按式 (18) 确定：

$$l_s = 1.947 \cdot p_{\text{red,max}}^{-0.37} \quad (18)$$

5.6.6 如果泄压导管的长度大于 l_s ，则应将 $l=l_s$ 代入式 (17) 计算 $p'_{\text{red,max}}$ 。

5.6.7 式 (18) 不适用于金属粉尘, 式 (17) 的应用条件也适用于式 (18)。

5.6.8 泄压导管应满足以下要求:

- a) 截面积应等于泄压口面积;
- b) 泄压面的轴线与泄压导管之间的夹角不应超过 20° ;
- c) 泄压导管内沿泄压方向截面不应减小。

5.6.9 图 3 所示泄压导管的布置方式符合式 (17) 和 (18) 的应用条件。

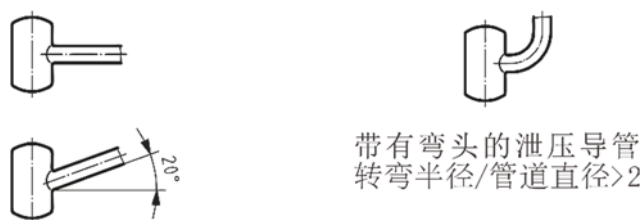


图3 符合式 (17) 和 (18) 应用条件的泄压导管的设计

5.6.10 图 4 所示的泄压导管的布置不符合式 (17) 和 (18) 的应用条件, 除非有爆炸泄压实验作为依据, 可以预测泄压管道对最大受控爆炸压力的影响, 否则不应采用图 4 所示的任意一种泄压导管布置方式。

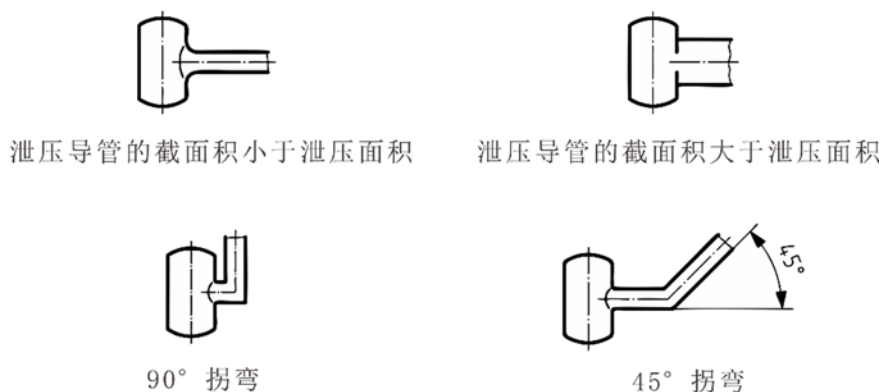


图4 不符合式 (17) 和 (18) 应用条件的泄压导管的设计

5.7 异相混合物

5.7.1 如果可燃气体或可燃溶剂蒸气的浓度在容器中任意空间的浓度低于其爆炸极限 LEL_g 或 LEL_v 的 20%, 则应采用混合物中粉尘的爆炸性参数来评估异相混合物的爆炸风险。

5.7.2 如果所处理产品中包含 0.5 %w/w 的可燃溶剂, 则异相混合物的爆炸风险应予以考虑。

5.7.4 如果存在异相混合物, 则应采用式 (1) ~ (5) 计算泄压面积, 且应用条件满足: 粉尘的爆炸指数 $K_{St} < 30 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 可燃气体或可燃蒸气的爆炸指数 $K_G < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 且下列参数应作为式 (1) ~ (5) 的输入参数:

- 最大爆炸压力 $p_{\max} = 1 \text{ MPa}$;
- 粉尘爆炸指数 $K_{St} = 50 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

5.7.5 对于由 $K_{St} > 30 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的可燃粉尘或反应活性比丙烷强的可燃气体组成的异相混合物, 在进

行泄压设计前应测定该异相混合物的爆炸特性。

5.7.6 本标准只适用于主要成分为可燃粉尘的异相混合物。

6 泄压设计的补充考虑

6.1 火焰效应

6.1.1 泄压口外部的火焰长度应按式（19）和（20）计算：

水平泄压：

$$L_F = 10 \cdot V^{1/3} \quad (19)$$

垂直泄压：

$$L_F = 8 \cdot V^{1/3} \quad (20)$$

式中：

L_F ——火焰长度，单位为 m；

V ——被保护容器体积，单位为 m^3 。

式（19）和式（20）的应用条件如下：

——容器容积： $0.1m^3 \leq V \leq 10000m^3$ ；

——静开启压力： $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{stat}} \leq 0.02 \text{ MPa}$ ；

——最大受控爆炸压力： $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red, max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$ ；

——粉尘最大爆炸压力： $0.5 \text{ MPa} \leq p_{\text{max}} \leq 1.0 \text{ MPa}$ ；

——粉尘爆炸指数： $1 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \leq K_{\text{St}} \leq 30 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

——容器的长径比： $L/D < 2$ 。

如果计算结果超过 60m，则火焰长度 L_F 取 60m。

6.1.2 水平或垂直方向爆炸泄压的火焰宽度应按式（21）计算：

$$W_F \approx 2.8 \cdot V^{1/3} \quad (21)$$

式中：

W_F ——火焰宽度，单位为 m；

V ——容器容积，单位为 m^3 。

式（21）的应用条件如下：

——粉尘爆炸指数： $K_{\text{St}} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

——式（19）和式（20）的其它应用条件也适用于式（21）。

6.1.3 如果外部火焰可能对泄压口周边造成危害，则应采用泄压导向板限制外部火焰长度。

6.2 压力效应

6.2.1 爆炸泄压的外部压力效应应考虑泄压口外部的粉尘云爆炸产生的压力和容器内部爆炸泄压所产生的压力的叠加。

注：爆炸泄压产生的压力有很强的方向效应，泄压口外部区域的粉尘云爆炸产生的压力没有方向效应。

6.2.2 泄压口外部的粉尘云爆炸产生的外部峰值压力应按式（22）计算：

$$p_{\text{ext,max}} = 0.2 \times p_{\text{red,max}} \times A_{\text{v}}^{0.1} \times V^{0.18} \quad (22)$$

式中：

$p_{\text{ext,max}}$ ——外部峰值压力，单位为 MPa；

$p_{\text{red,max}}$ ——最大受控爆炸压力，单位为 MPa；

A_{v} ——几何泄压面积，单位为 m^2 ；

V ——容器体积，单位为 m^3 。

式（22）的应用条件如下：

——容器体积： $0.1 \text{ m}^3 \leq V \leq 250 \text{ m}^3$ ；

——泄压装置的静开启压力： $p_{\text{stat}} \leq 0.01 \text{ MPa}$ ；

——最大受控爆炸压力： $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red,max}} \leq 0.1 \text{ MPa}$ ；

——离泄压口的距离： $r > R_{\text{S}}$ ；

——粉尘最大爆炸压力： $p_{\text{max}} \leq 0.9 \text{ MPa}$ ；

——粉尘 K_{St} 值： $K_{\text{St}} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

——容器的长径比： $L/D < 2$ 。

6.2.3 外部峰值压力 $p_{\text{ext,max}}$ 在以下距离出现：

$$R_{\text{S}} = 0.25 \cdot L_{\text{F}} \quad (23)$$

式中：

L_{F} ——火焰长度，单位为 m，按 6.2.2 中的式（19）或式（20）计算。

式（23）的应用条件与式（22）的应用条件相同。

6.2.4 在距离泄压口较远距离大于 R_{S} 的位置 r 处，泄压口外部的粉尘云爆炸产生的外部压力 $p_{\text{ext,r}}$ 会降低，应按式（24）对其进行计算：

$$p_{\text{ext,r}} = p_{\text{ext,max}} \cdot (R_{\text{S}} / r)^{1.5} \quad (24)$$

式中：

r ——外部压力计算位置离泄压口的距离，m。

式（24）的应用条件与式（22）的应用条件相同。

6.2.5 容器内部爆炸泄放所产生的外部压力 $p_{\text{ext,r}}$ 应按式（25）计算：

$$p_{\text{ext,r}} = 12.4 \cdot p_{\text{red,max}} \cdot (D/r)^{1.35} / [1 + (\alpha/56)^2] \quad (25)$$

式中：

r ——距离泄压口的距离，单位为 m，且 $r > R_S$ ；

D ——泄压口的水力直径，单位为 m；

α ——泄压方向角，单位为°，且泄压面正方向的 $\alpha=0^\circ$ ，泄压面侧方向的 $\alpha=90^\circ$ 。

式（25）的应用条件与式（22）的应用条件相同。

6.3 反冲力

6.3.1 最大反冲力 F_{Rmax} 应按式（26）计算：

$$F_{Rmax} = 1190 \cdot A_V \cdot p_{red,max} \quad (26)$$

式中：

F_{Rmax} ——反冲力，单位为 kN；

A_V ——几何泄压面积，单位为 m^2 ；

$p_{red,max}$ ——最大受控爆炸压力，单位为 MPa。

6.3.2 在泄压设计时，应考虑：在容器的两侧对称布置相同面积的泄压口，由于泄压口不能保证同时开启，所以不能保证反冲力会互相抵消。

6.3.3 泄压容器支撑结构的设计应考虑反冲力的持续时间 t_R ，且应按式（27）计算：

$$t_R = (K_{St} \cdot V \cdot 10^{-4}) / (A_V \cdot p_{red,max}) \quad (27)$$

式中：

t_R ——反冲力脉冲持续的时间，单位为 s；

K_{St} ——粉尘爆炸常数，单位为 $MPa \cdot m \cdot s^{-1}$ ；

V ——容器体积，单位为 m^3 ；

$p_{red,max}$ ——最大受控爆炸压力，单位为 MPa；

A_V ——几何泄压面积，单位为 m^2 。

6.3.4 反冲力产生的冲量 I_R 应按式（28）计算：

$$I_R = 0.52 \cdot F_{Rmax} \cdot t_R \quad (28)$$

式中：

I_R ——反冲力冲量，单位为 $kN \cdot s$ 。

6.4 真空消除器

6.4.1 为防止容器内产生不可接受的高真空，应按式（29）确定真空消除器的尺寸。

$$A_{suc} = [-0.00219 \cdot \ln p_{vac} + 0.008963] \times V^{(-0.0207 \cdot \ln p_{vac} + 0.76709)} \quad (29)$$

式中：

A_{suc} ——有效抽吸面积，单位为 m^2 ；

p_{vac} ——耐真空强度，单位为 MPa ；

V ——容器容积，单位为 m^3 。

式（29）的应用条件如下：

——容器容积： $5 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$ ；

——容器耐真空强度： $0.0025 \text{ MPa} \leq p_{\text{vac}} \leq 0.05 \text{ MPa}$ 。

7 使用说明

所有采用爆炸泄压保护的粉尘处理设备都应带有使用说明，使用说明应包含如下信息：

- a) 操作要求的所有细节；
- b) 计算泄压面积使用的方法；
- c) 最大受控爆炸压力；
- d) 用于计算泄压面积的静开启压力值；
- e) 粉尘爆炸特性参数 p_{max} 和 K_{St} 的上限；
- f) 外部效应（火焰，压力）和安全距离的信息；
- g) 爆炸后应遵循的流程的完整描述；
- h) 定期检查；
- i) 非正常情况检查。

8 安装、检查、维护与维修

8.1 设备安装和维修应按照制造商的要求进行，例如，泄爆门的安装方式会影响其开启与关闭行为，进而影响泄压效率。

8.2 使用单位应对泄压装置和元件进行定期检查和维修，并保证其功能完好。检查内容包括：

- a) 泄压装置表面是否有积尘、积雪、积冰或存在其它影响泄压装置正常功能的因素；
- b) 爆破片是否破损；
- c) 泄爆板或泄爆门的链、钩、夹紧装置、密封垫是否正常。

8.3 带有不可重用元件的泄压装置所安装的泄压口不应作为检查口或人孔使用，但如果泄压装置整体安装在活动的检查口或人孔的门或盖之上，则应允许将门或盖作为检查口或人孔使用。

8.4 工艺过程运行时，不应进行泄压装置维修。

8.5 带有可重用元件的泄压装置在开启后，应检查其是否可继续使用。

8.6 应避免因维修不当，如涂刷油漆或涂料等，改变泄压装置的开启压力。

8.7 泄压装置的安装与维修信息应记录归档。

8.8 爆炸泄压装置应在使用寿命内更换。

附录 A (资料性附录) 设计举例

在 A.1~A.4 的算例中, 利用第 5 章和第 6 章的公式进行容器、料仓中粉尘与空气混合物的爆炸泄压计算。为了方便, 计算结果精确到小数点后 2 位。对实际应用, 建议精确到小数点后 1 位即可。

A.5、A.6 和 A.7 分别为外滤式袋式除尘器、旋风除尘器和斗式提升机的设计举例。

A.1 容器、料仓泄压面积的计算

A.1.1 容器的设计强度对泄压面积的影响

下面将应用 5.2 中的式 (2) 与式 (5) 计算容积为 20 m^3 的容器 (长径比 $L/D = 1$) 的泄压面积 A 。此容器内无障碍物, 并用爆破片 (泄压效率 $E_F = 1$) 封闭泄压口。

对粉尘爆炸等级为 St1、最大爆炸压力 $p_{\max} = 0.9 \text{ MPa}$ 、爆破片的静开启压力 $p_{\text{stat}} = 0.01 \text{ MPa}$ 的条件, 计算出来的不同设计强度 p 的容器所需泄压面积 A 如表 A.1 所示。

表 A.1 长径比为 1, 不同设计强度的容器所需的泄压面积

($V = 20 \text{ m}^3$, $L/D = 1$, $p_{\max} = 0.9 \text{ MPa}$, $K_{\max} = 20 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $p_{\text{stat}} = 0.01 \text{ MPa}$, $E_F = 1$)

$p = p_{\text{red, max}}$ MPa	泄压面积 A m^2
0.025	1.23
0.050	0.83
0.100	0.56
0.150	0.45

A.1.2 容器的长径比对泄压面积的影响

对于设计强度低的容器, 容器长径比 L/D 对所需有效泄压面积有显著影响。这种影响随着最大泄爆压力的增大而减小, 并在 $p_{\text{red, max}} = 0.15 \text{ MPa}$ 时消失。

如将 A.1.1 算例中 20 m^3 容器的长径比改为 $L/D = 3$, 其它条件不变, 则所需泄压面积如表 A.2 所示:

表 A.2 长径比为 3, 不同设计强度的容器所需的泄压面积

($V = 20 \text{ m}^3$, $L/D = 3$, $p_{\max} = 0.9 \text{ MPa}$, $K_{\max} = 20 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $p_{\text{stat}} = 0.01 \text{ MPa}$, $E_F = 1$)

$p = p_{\text{red, max}}$ MPa	泄压面积 A m^2
0.025	3.21
0.050	1.65
0.100	0.76
0.150	0.45

A.1.3 泄压装置的泄压效率对泄压面积的影响

泄压装置的惯性会妨碍泄压过程进行, 因此应确定泄压装置的泄压效率 E_F 。泄压装置的泄压效率 E_F 或有效泄压面积 A_E 可从泄压装置检验书上获得。

几乎无惯性的泄压装置（例如聚乙烯薄膜或铝箔）的泄压效率 $E_F=1$ （理想条件下）。泄爆门泄压效率的典型数据范围为 $E_F=0.5\sim 0.8$ 。

取设计强度 $p=p_{red, max}=0.05\text{ MPa}$ ，将不同的泄压效率 E_F 值代入式（2），对 A.1.1 例中 20 m^3 容器所需泄压面积进行计算，其结果如表 A.3 所示：

表 A.3 泄压效率对泄压面积的影响

($V=20\text{ m}^3$, $L/D=1$, $p_{red, max}=0.05\text{ MPa}$, $p_{max}=0.9\text{ MPa}$, $K_{max}=20\text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $p_{stat}=0.01\text{ MPa}$)

泄压效率 E_F	泄压面积 A m^2
1	0.83
0.8	1.04
0.6	1.38

A.2 泄压导管对容器设计强度的影响

如在爆破片/爆破膜的下流装有泄压导管，则容器的设计强度 p 应按式（17）增至 $p'_{red, max}$ ，如表 A.4 所示：

表 A.4 根据不同长度泄压导管计算出的最大泄爆压力

($V=20\text{ m}^3$, $L/D=1$, $p_{max}=0.9\text{ MPa}$, $K_{max}=20\text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $p_{stat}=0.01\text{ MPa}$, $E_F=1$)

$P_{red, max}$ MPa	A m^2	l_s m	泄压导管长度		
			2m	4m	8m
			$p=p'_{red, max}$ MPa	$p=p'_{red, max}$ MPa	$p=p'_{red, max}$ MPa
0.025	1.23	7.62	0.057	0.090	0.150
0.050	0.83	5.90	0.084	0.119	0.153
0.100	0.56	4.56	0.137	0.174	0.185
0.150	0.45	3.93	0.187	0.226	0.226

A.3 泄压容器外部火焰长度与外部峰值压力

用 6.1 给出的式（19）、（20）和（22）估算火焰伸出容器的泄压面后的最大长度 L_F 与二次爆炸的外部峰值压力 $p_{ext, max}$ 。表 A.5 中列出了两个不同容积容器的外部压力 $p_{ext, r}$ ，它随着与泄压口距离 r 的增大而降低。

表 A.5 泄压容器的火焰长度与外部峰值压力

($p_{\max}=0.9 \text{ MPa}$, $L/D=1$, $E_F=1$, $K_{\max}=20 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $p_{\text{stat}}=0.01 \text{ MPa}$)

V m ³	L_F m	A m ²	$p_{\text{red, max}}$ MPa	$P_{\text{ext, max}}$ MPa	R_s m	与泄爆面的距离 r , m		
						10	20	40
						$p_{\text{ext, r}}$ MPa		
20	27.14	1.23	0.025	0.0088	6.79	0.0049	0.0017	0.0006
		0.83	0.050	0.0168		0.0094	0.0033	0.0012
		0.56	0.100	0.0322		0.0181	0.0064	0.0023
60	39.15	2.83	0.025	0.0116	9.79	0.0112	0.0040	0.0014
		1.90	0.050	0.0223		0.0216	0.0076	0.0027
		1.28	0.100	0.0428		0.0415	0.0147	0.0052

A.4 反冲力

表 A.6 列出了 St 1 爆炸指数等级的粉尘, 在两个向上爆炸泄压的容器中, 泄爆时所施加给容器支撑结构的反冲力 $F_{R, \max}$ (式 (26)), 反冲力持续时间 t_R (式 (27)) 和所导致的冲量 I_R (式 (28))。

表 A.6 有关反冲力的计算示例

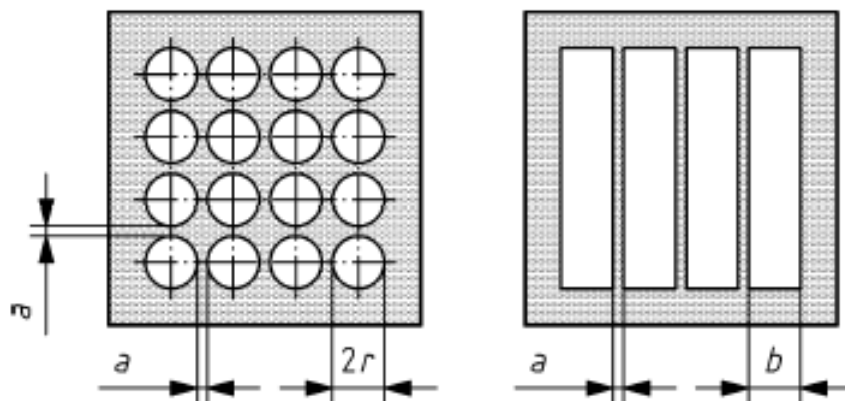
($p_{\max}=0.9 \text{ MPa}$, $L/D=1$, $K_{\max}=20 \text{ MPa}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $p_{\text{stat}}=0.01 \text{ MPa}$, $E_F=1$)

V m ³	A m ²	$p_{\text{red, max}}$ MPa	$F_{R, \max}$ kN	t_R s	I_R kN·s
20	1.23	0.025	36.59	1.30	24.75
	0.83	0.050	49.39	0.96	24.75
	0.56	0.100	66.64	0.71	24.75
60	2.82	0.025	83.90	1.70	74.26
	1.90	0.050	113.05	1.26	74.26
	1.28	0.100	152.32	0.94	74.26

A.5 外滤式袋式除尘器

A.5.1 外滤式袋式除尘器的净室应包括滤袋、滤筒和支撑结构的内部容积。计算脏室容积时, 应扣除过滤元件占用的体积。

A.5.2 如果外滤式袋式除尘器的滤袋或滤筒之间的距离 a 小于滤袋或滤筒的直径 r 或宽度 b , 如图 A.1 所示, 则计算脏室容积时, 可扣除整个过滤单元外部包络线占用的空间。

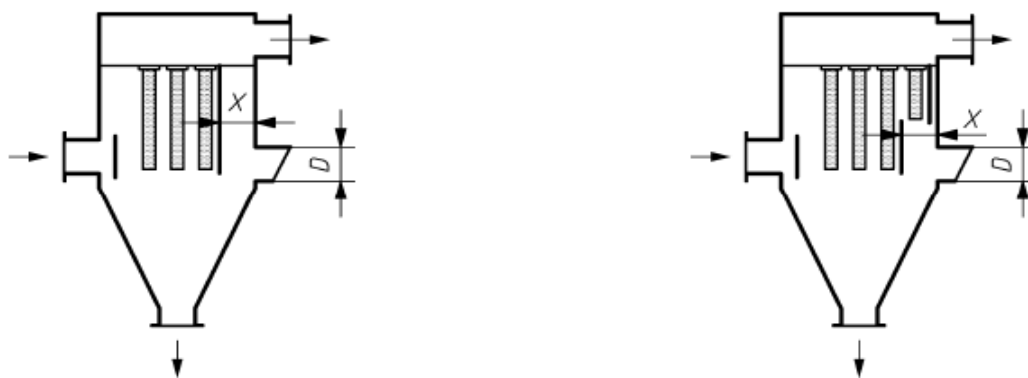


- a —— 滤筒或滤袋之间的距离；
- b —— 滤筒或滤袋的宽度；
- r —— 滤筒或滤袋的半径；

图 A.1 过滤单元排列形式的举例 ($a \leq r$; $a \leq b$)

A.5.3 如果净室内含有可燃性粉尘，或爆炸时脏室和净室的隔离结构不能保持完整，则净室应进行爆炸泄压设计。

A.5.4 外滤式袋式除尘器的泄压口正前方不应有滤袋或滤筒阻挡，应设置防止滤筒阻挡泄压口的滤筒固定装置，例如靠泄压口一侧设置约束钢条。最靠近泄压口的滤筒与泄压口之间的间距 X 应保证泄压口前方通道面积不小于泄压面积。如图 A.2 所示。

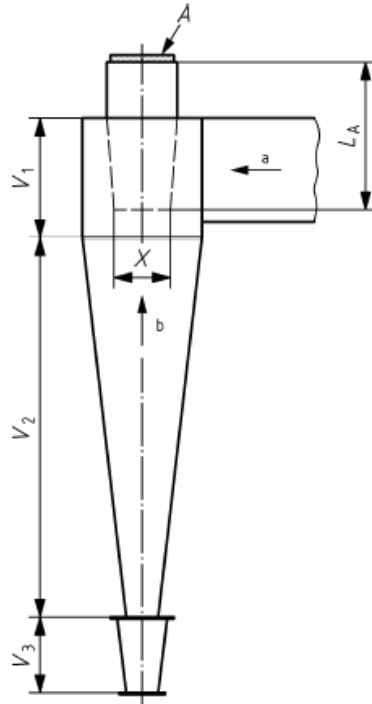


- X —— 泄压口正前方的至滤筒或滤袋的距离；
- D —— 泄压口的直径；

图 A.2 泄压口前方 X 距离的举例

A.6 旋风除尘器

A.6.1 旋风除尘器的爆炸泄压设计应考虑旋风除尘器沉降段的容积。被保护容器的容积为图 A.3 中圆柱体积 V_1 ，圆锥体积 V_2 和沉降段体积 V_3 之和。



a——入口

b——出口

图 A.3 旋风除尘器结构的举例

A.6.2 典型的旋风除尘器泄压口设置在出气管道的顶部和除尘器主体的肩部（环绕分布在出气管道周围）。

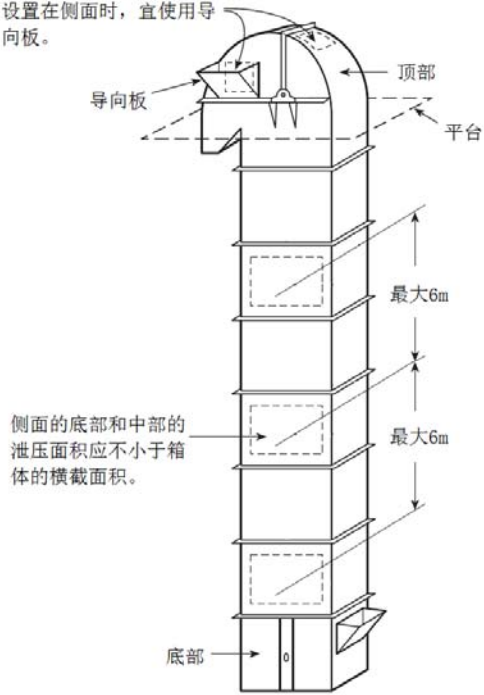
A.6.3 如果将旋风除尘器的出气口顶部作为泄压口，则出气管道长度 L_A 应作为泄压导管考虑，并按有泄压导管的条件计算泄压面积。

A.6.4 如果将旋风除尘器的出气口顶部作为泄压口，并且出气管道是渐扩管，则应采用较小的横截面积（图 A.3 中的直径 X 对应的面积）计算最大受控爆炸压力。

A.7 斗式提升机

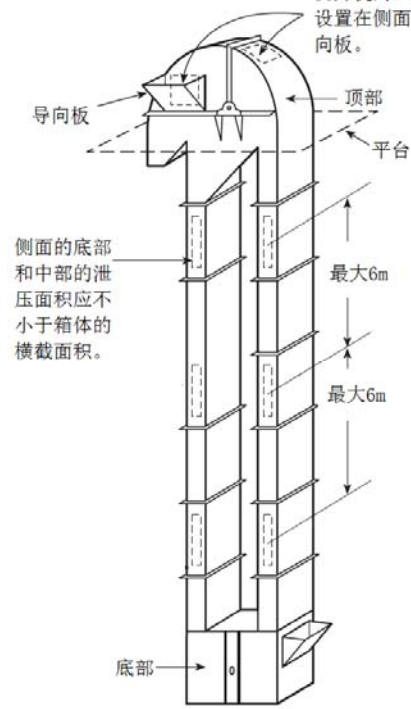
A.7.1 典型的斗式提升机泄压设计示例如图 A.4 所示。

顶部泄压装置设置在斗式提升机的上面或侧面，当设置在侧面时，宜使用导向板。



a) 单筒斗式提升机泄压设计示例

顶部泄压装置设置在斗式提升机的上面或侧面，当设置在侧面时，宜使用导向板。



b) 双筒斗式提升机泄压设计示例

图 A.4 斗式提升机的泄压设计示例

附录 B (资料性附录)

计算泄压面积时确定被保护容器/料仓的长径比

应用式(2)、式(6)、式(7)和式(11)计算泄压面积时,需要确定长径比 L/D 。 L/D 与容器的形状和泄压口的位置有关,其值与容器表观上的长径比不一定相等。

式(2)、式(6)、式(7)和式(11)能用于最坏的情况,即泄压口设置在容器的顶部。因为在此情况下,火焰在泄出前可能从容器的一端通过整个容器的长度才到达泄压口。

在上述情况下,如果容器是圆筒形或矩形,则可以直接从容器的物理尺寸(长度和直径或宽度与深度)计算长径比 L/D 。如果容器由圆筒体部分和圆锥部分组成,或者泄压装置设置在容器的侧面,长径比 L/D 恰当的数值就只能根据容器或料仓的设计、容器内有效火焰传播距离(火焰在泄压前通过的距离) L_{eff} ,和有效火焰体积(火焰在泄压前通过的体积) V_{eff} 进行估计求得。

长径比 L/D 的简易计算步骤如下:

- a) 计算有效火焰传播距离 L_{eff} ;
- b) 计算有效火焰体积 V_{eff} ;
- c) 用有效火焰体积 V_{eff} 除以有效火焰传播距离 L_{eff} 得到有效横截面积 A_{eff} ;
- d) 通过有效横截面积 A_{eff} 计算出有效直径 D_{eff} ;
- e) 长径比 L/D 即 $L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}}$ 。

以下为计算举例:

B.1 圆筒形容器顶部泄压

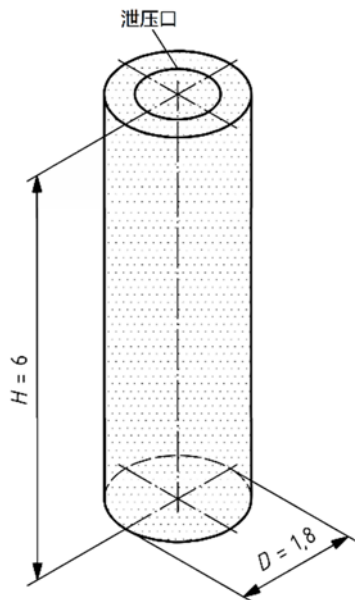


图 B.1 圆筒形容器顶部泄压示意图

a) 此例中,火焰从容器底部传播至顶部泄压口,长径比 L/D 相当容器表观上的长径比,有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}} = 6\text{ m}$;

b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = (\pi D^2/4)H = (\pi \times 1.8^2/4) \times 6 = 15.27\text{ m}^3$ (图 B.1 中阴影部分);

- c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/H = 15.27/6 = 2.545 \text{ m}^2$;
- d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}}/\pi)^{0.5} = (4 \times 2.545/\pi)^{0.5} = 1.8 \text{ m}$;
- e) 长径比 $L/D = L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}} = 6/1.8 = 3.33$ 。

B.2 圆筒容器侧面泄压

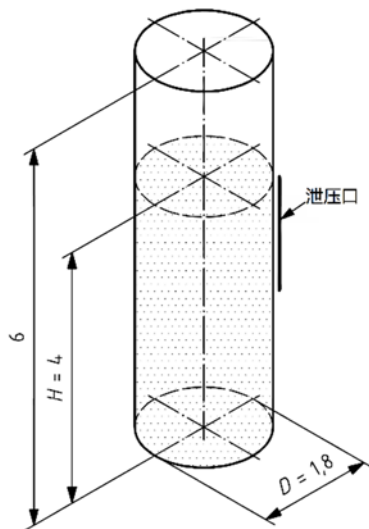


图 B.2 圆筒容器侧面泄压示意图

- a) 此例中，火焰从容器底部传播至顶部泄压口上边界，长径比 L/D 不等于容器表观上的长径比，有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}} = H = 4 \text{ m}$;
- b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = (\pi D^2/4)H = (\pi \times 1.8^2/4) \times 4 = 10.18 \text{ m}^3$ （图 B.2 中阴影部分）;
- c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/H = 10.18/4 = 2.545 \text{ m}^2$;
- d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}}/\pi)^{0.5} = (4 \times 2.545/\pi)^{0.5} = 1.8 \text{ m}$;
- e) 长径比 $L/D = L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}} = 4/1.8 = 2.22$ 。

B.3 带锥体的圆筒容器顶部泄压

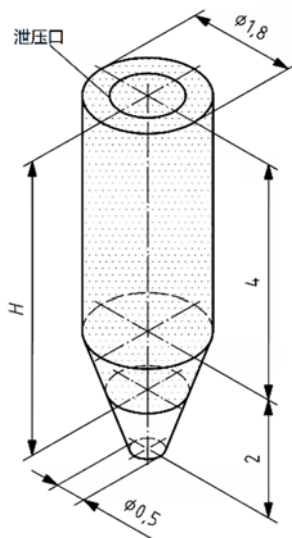


图 B.3 带锥体的圆筒容器顶部泄压示意图

a) 此例中, 火焰从容器底部传播至顶部泄压口, 由于火焰在锥体中不能充分伸展, 有效火焰传播距离为锥体高度的 1/3 加上圆筒高度, 即 $L_{\text{eff}} = 1/3 \times 2 + 4 = 4.667 \text{ m}$;

b) 火焰通过的全部有效体积 V_{eff} 为锥体容积的 1/3 加上圆筒的容积, 即有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = (\pi \times 1.8^2 / 4) \times 4 + 2 \times \pi / 3 \times (0.9^2 + 0.9 \times 0.25 + 0.25^2) / 3 = 0.77 + 10.18 = 10.95 \text{ m}^3$ (图 B.3 中阴影部分);

c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} / H = 10.95 / 4.667 = 2.346 \text{ m}^2$;

d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}} / \pi)^{0.5} = (4 \times 2.346 / \pi)^{0.5} = 1.728 \text{ m}$;

e) 长径比 $L/D = L_{\text{eff}} / D_{\text{eff}} = 4.667 / 1.728 = 2.70$ 。

B.4 带锥体的圆筒形容器侧面泄压 (泄压口靠近锥体)

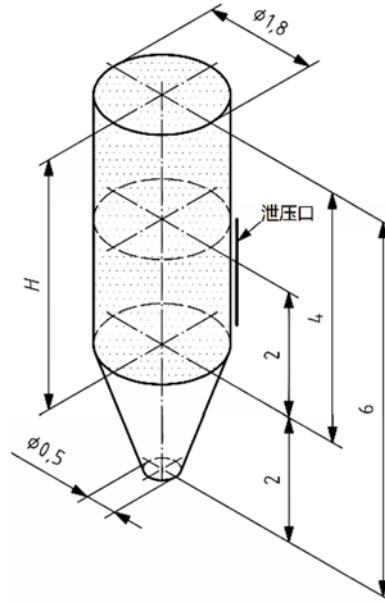


图 B.4 带锥体的圆筒形容器侧面泄压 (泄压口靠近锥体) 示意图

a) 此例中, 火焰从容器顶部传播至泄压口下边界, 有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}} = 4 \text{ m}$;

b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = (\pi \times 1.8^2 / 4) \times 4 = 10.18 \text{ m}^3$ (图 B.4 中阴影部分);

c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} / H = 10.18 / 4 = 2.55 \text{ m}^2$;

d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}} / \pi)^{0.5} = (4 \times 2.55 / \pi)^{0.5} = 1.80 \text{ m}$;

e) 长径比 $L/D = L_{\text{eff}} / D_{\text{eff}} = 4 / 1.80 = 2.22$ 。

B.5 带锥体的方形容器侧面泄压

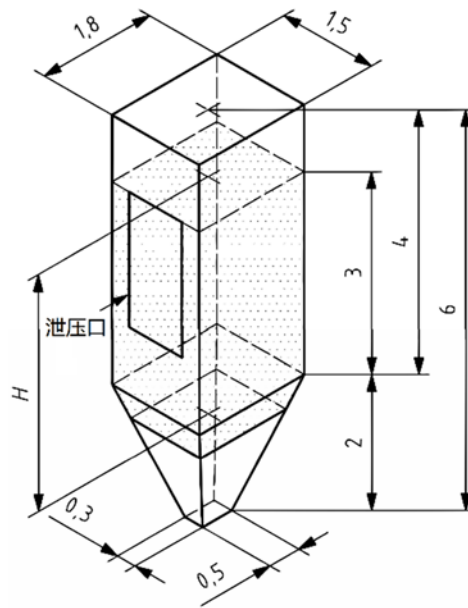


图 B.5 带锥体的方形容器侧面泄压示意图

a) 此例中，火焰从容器底部传播至泄压口上边界，由于火焰在锥体中不能充分伸展，方形容器内的有效火焰传播距离为锥体高度的 $1/3$ 加上从方形容器底部到泄压装置的上边界的垂直距离，即 $L_{\text{eff}} = 1/3 \times 2 + 3 = 3.667 \text{ m}$;

b) 火焰通过的全部有效体积 V_{eff} 为锥体容积的 $1/3$ 加上方形容器从底部到泄压口上边界的空间，即有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = 1/3 \times [0.5 \times 2 \times (1.5 - 0.3)/2 + 0.3 \times 2 \times (1.8 - 0.5)/2 + 2 \times (1.8 - 0.5) \times (1.5 - 0.3)/3 + 0.5 \times 0.3 \times 2] + 1.8 \times 1.5 \times 3 = 1/3 \times 2.33 + 8.1 = 8.877 \text{ m}^3$ (图 B.5 中阴影部分);

c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/H = 8.877/3.667 = 2.42 \text{ m}^2$;

d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = (A_{\text{eff}})^{0.5} = (2.42)^{0.5} = 1.56 \text{ m}$;

e) 长径比 $L/D = L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}} = 3.667/1.56 = 2.35$ 。

B.6 带锥体的方形容器侧面泄压（泄压口靠近锥体）

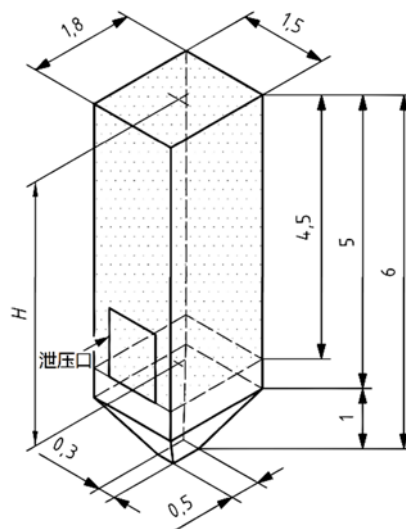


图 B.6 带锥体的方形容器侧面泄压（泄压口靠近锥体）示意图

- a) 此例中，火焰从容器顶部传播至泄压口下边界，有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}} = 4.5 \text{ m}$ ；
- b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = 4.5 \times 1.8 \times 1.5 = 12.15 \text{ m}^3$ （图 B.6 中阴影部分）；
- c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/H = 12.15/4.5 = 2.7 \text{ m}^2$ ；
- d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = 1/2 \times (1.8 + 1.5) = 1.65 \text{ m}$ ；
- e) 长径比 $L/D = L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}} = 4.5/1.65 = 2.73$ 。

B.7 方锥和圆锥的体积计算

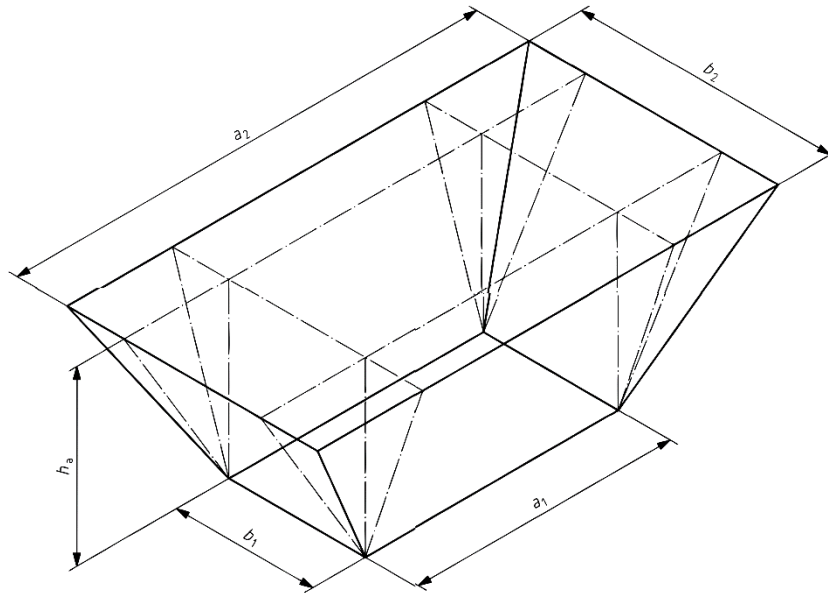


图 B.7 方锥体积计算示意图

方锥的体积应按照如下公式计算：

$$V_s = (a_1)(h_a)(b_2 - b_1)/2 + (b_1)(h_a)(a_2 - a_1)/2 + h_a(a_2 - a_1)(b_2 - b_1)/3 + (a_1)(b_1)h_a \quad (\text{B.1})$$

其中

a_1 ——底面长，单位为 m；

b_1 ——底面宽，单位为 m；

h_a ——方锥的高，单位为 m；

a_2 ——顶面长，单位为 m；

b_2 ——顶面宽，单位为 m；

V_s ——方锥的体积，单位为 m^3 。

圆锥的体积应按照如下公式计算：

$$V_c = \pi(h)(D_1^2 + D_1D_2 + D_2^2)/12 \quad (\text{B.2})$$

其中

D_1 ——底面直径，单位为 m；

D_2 ——顶面直径，单位为 m；

h ——圆锥的高，单位为 m；

V_c ——圆锥的体积，单位为 m^3 。

B.8 带有椎体（料斗）的方形布袋除尘器的侧面泄压，泄压口靠近椎体

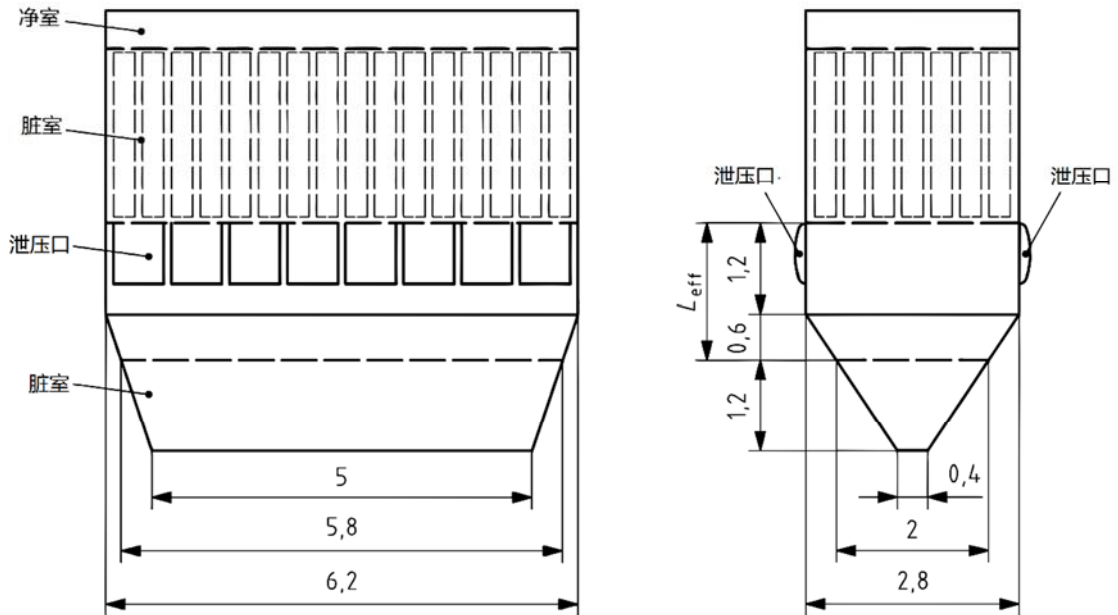


图 B.8 带有椎体（料斗）的方形布袋除尘器的侧面泄压（泄压口靠近椎体）示意图

a) 此例中，泄压口均匀分布在除尘器的两侧，除尘器内上半部分网格结构的过滤元件在计算时属于可以忽略的类型。因此计算时，应按照火焰从除尘器底部开始传播，有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}} = 1.2 + 0.6 = 1.8 \text{ m}$;

b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = 1.2 \times 6.2 \times 2.8 + 1/3 \times \{1.8/3 \times [5 \times 0.4 + (5 \times 0.4 \times 6.2 \times 2.8)^{0.5} + 6.2 \times 2.8]\} = 20.83 + 1/3 \times 16.56 = 26.35 \text{ m}^3$;

c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} = 26.35 / 1.8 = 9.41 \text{ m}^2$;

d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}}/\pi)^{0.5} = (4 \times 9.41/\pi)^{0.5} = 3.46 \text{ m}$;

e) 由于 $L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}} = 1.8/3.46 = 0.52 \leq 1$ ，所以长径比 $L/D = 1$ 。

附录 C
(资料性附录)
建(构)筑物的爆炸泄压计算

附录 C 给出了 EN 14491 推荐的建(构)筑物泄压面积的计算方法。鼓励在有条件的情况下,按附录计算泄压面积。最终的泄压面积取按 GB 50016 和附录 C 计算结果中较大的值。

C.1 建筑物泄压面积计算方法

建筑物泄压面积的推荐计算公式如下:

$$A = C \cdot A_S \cdot p_{\text{red,max}}^{-0.5} \quad (\text{C.1})$$

式中:

A ——理论泄压面积,单位为 m^2 ;

A_V ——几何泄压面积, $A_V = A/E_F$, 单位为 m^2 ;

E_F ——泄压效率;

C ——泄压公式常数:

如果 $K_{St} \leq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 $C = 0.0057 \text{ MPa}^{0.5}$;

如果 $10 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} < K_{St} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 $C = 0.0082 \text{ MPa}^{0.5}$;

如果 $20 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} < K_{St} \leq 30 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 $C = 0.0095 \text{ MPa}^{0.5}$;

A_S ——建筑物的内表面积, m^2 ;

$p_{\text{red,max}}$ ——最大受控爆炸压力,且 $p_{\text{red,max}} \leq 0.01 \text{ MPa}$ 。

式 (C.1) 的应用条件如下:

——对非细长房屋,式 (C.1) 对房屋的形状尺寸没有限制;

——对细长房屋,其长径比应不超过 3。对非圆形或方形的截面,应取有效直径为 $4(A_C/L_p)$,因此式 (C.1) 的应用条件如下:

$$L < 12 \cdot A_C \cdot L_p^{-1} \quad (\text{C.2})$$

式中:

L ——建筑物的最长边,单位为 m ;

A_C ——垂直于最长边的横截面积,单位为 m^2 ;

L_p ——截面的周长,单位为 m 。

C.2 内表面积计算

C.2.1 容器的内表面积 A_S 包括屋顶或天花板、墙壁、地板和泄压面积。

C.2.2 在计算建筑物的内表面积 A_S 时,应注意如下事项:

——不必考虑无法承受预期压力的非结构性内部隔离物;

- 可以忽略表面波纹等简单形状的微小偏差；
- 如锯齿形屋顶等规则的几何偏差不应忽略；
- 应包括所有毗邻房屋的内表面积；
- 设备和被包含结构的表面积应被忽略。

附录 D
(资料性附录)
导向板

D.1 为了限制爆炸泄压时火焰向外喷射造成危害，应采用导向板限制火焰长度。图 D.1 所示为导向板的一种设计安装模式。

D.2 在导向板外围应规定一个危险区域，当设备运行时应禁止人员进入此区域。危险区应具有足够的横向伸展以避免火焰横向偏转产生的危险。由于火焰可以围绕导向板。因此导向板的正后方区域也是不安全的。

D.3 导向板的面积应至少为泄压口面积的 3 倍，其长度应至少为泄压口长度的 1.6 倍。

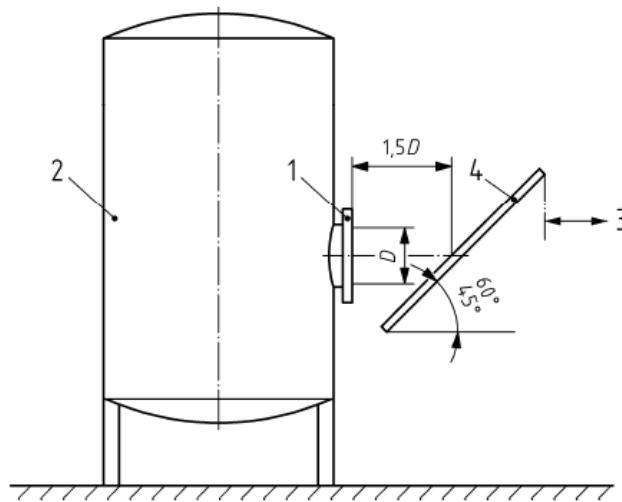
D.4 导向板的水平倾角应至少为 45° 至 60° ，以便使喷射火焰向上偏转。泄压口的中心轴线应穿过导向板的中心。

D.5 导向板应设置在离泄压口合理的位置，以保证不会阻碍泄压过程，同时发挥设计的导向性能。

注：图 D.1 给出的 $1.5D$ 的距离能够满足要求，其中 D 为泄压口的水力直径。在实际应用中应视不同情况予以修正。

D.6 应对导向板进行牢固安装以使其能承受泄爆受力，此受力等于最大受控爆炸压力乘以导向板的面积。

注：上述设计准则只适用于容积为 20 m^3 以内的容器。



1 爆炸泄压装置；2 容器；3 距危险区域的距离；4 牢固安装的导向板

图 D.1 爆炸导向板的设计