



中华人民共和国国家标准

GB 15605—2024
代替 GB/T 15605—2008

粉尘爆炸泄压规范

Specifications for pressure venting of dust explosion

2024-12-31 发布

2026-01-01 实施

国家市场监督管理总局
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 技术要求 3

 4.1 通用要求 3

 4.2 设计和选型 4

 4.3 泄爆装置要求 4

5 安装使用和维护 6

 5.1 安装与使用 6

 5.2 检查、维护与维修 6

6 证实方法 6

附录 A（规范性） 容器泄压面积计算 7

 A.1 一般要求 7

 A.2 独立容器的爆炸泄压 7

 A.3 特殊的粉尘云条件 8

 A.4 互相连通的容器系统的爆炸防护 9

 A.5 泄压导管的影响 10

 A.6 异相混合物 11

附录 B（资料性） 泄压面积计算示例 13

 B.1 容器、料仓泄压面积的计算 13

 B.2 泄压导管对容器设计强度的影响 14

 B.3 泄压容器外部火焰长度与外部峰值压力 14

 B.4 反冲力 15

附录 C（资料性） 计算泄压面积时确定被保护容器/料仓的长径比 16

 C.1 概述 16

 C.2 圆筒形容器顶部泄压 16

 C.3 圆筒形容器侧面泄压 17

 C.4 带锥体的圆筒形容器顶部泄压 18

 C.5 带锥体的圆筒形容器侧面泄压(泄压口靠近锥体) 18

 C.6 带锥体的方形容器侧面泄压 19

 C.7 带锥体的方形容器侧面泄压(泄压口靠近锥体) 20

 C.8 方锥和圆锥的体积计算 21

C.9 带有锥体(料斗)的方形布袋除尘器的侧面泄压(泄压口靠近锥体)..... 22

附录 D (资料性) 容器爆炸泄压的附加影响及其防护 24

D.1 火焰范围..... 24

D.2 压力的外部影响..... 25

D.3 反冲力..... 26

D.4 真空消除器..... 26

附录 E (资料性) 导向板 28

附录 F (资料性) 除尘器爆炸泄压设计的特殊考虑 29

F.1 外滤式袋式除尘器..... 29

F.2 旋风除尘器..... 30

附录 G (资料性) 管道的爆炸泄压设计 32

附录 H (资料性) 斗式提升机爆炸泄压设计..... 33

H.1 强度未知的斗式提升机爆炸泄压设计 33

H.2 双腿方筒斗式提升机 33

H.3 双腿圆筒斗式提升机 36

参考文献 37

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 15605—2008《粉尘爆炸泄压指南》，与 GB/T 15605—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了“爆炸泄压”“静开启压力”“有效泄压面积”“泄压效率”“泄压导管”“泄压装置”及“泄压元件”等 7 个术语的定义（见 3.2、3.5、3.7、3.9、3.10、3.12 及 3.16；2008 年版的 3.1、3.2.1、3.8、3.9、3.10、3.13 及 3.14）；
- 增加了“含尘工艺设备”“受控爆炸压力”“最大受控爆炸压力”“几何泄压面积”“理论泄压面积”“真空消除器”“无焰爆炸泄压”“无焰爆炸泄压装置”“阻火元件”“基准泄压元件”及“标称保护容积”等 11 个术语和定义（见 3.1、3.3、3.4、3.6、3.8、3.11、3.13、3.14、3.15、3.17 及 3.18）；
- 删除了“动开启压力”“泄爆压力”“泄爆压力上升速率”“最大泄爆压力”“最大泄爆压力上升速率”“泄压面积”“爆破片”“泄爆门”“当量直径”“长径比”“火焰长度/外部峰值压力”“反冲持续时间”“最大反冲力”及“抗爆性”等 14 个术语和定义（见 2008 年版的 3.2.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7、3.11、3.12、3.15、3.16、3.17、3.18、3.19 及 3.20）；
- 增加了爆炸泄压的通用要求（见 4.1）；
- 增加了爆炸泄压装置的选型（见 4.2.3）；
- 增加了爆炸泄压装置的技术要求（见 4.3）；
- 更改了容器、筒仓与设备爆炸泄压的要求（见 4.2.1，2008 年版的 4.1）；
- 更改了管道爆炸泄压的要求（见 4.2.2，2008 年版的 4.3）；
- 更改了泄压装置的基本要求、技术文件、标识（见 4.3，2008 年版的第 10 章）；
- 增加了“安装、使用和维护”，规定了泄压装置安装、使用和维护的要求（见第 5 章）；
- 增加了“证实方法”，描述了本文件的证实方法（见第 6 章）；
- 删除了容器、筒仓、管道组合系统内的爆炸泄压（见 2008 年版的 4.4）；
- 删除了建筑物泄压面积的计算方法（见 2008 年版的 5.3）；
- 更改了容器泄压面积计算的一般规定（见 A.1，2008 年版的 5.1）；
- 更改了容器泄压面积的计算方法（见 A.2，2008 年版的 5.2）；
- 更改了特殊输送系统面积计算方法（见 A.3，2008 年版的附录 A）；
- 更改了容器、筒仓、管道组合系统内爆炸泄压的要求（见 A.4，2008 年版的 4.4）；
- 更改了泄压导管的要求（见 A.5，2008 年版的第 7 章）；
- 更改了异相混合物计算泄压面积的要求（见 A.6，2008 年版的第 9 章）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国应急管理部提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1995 年首次发布为 GB/T 15605—1995；2008 年第一次修订；
- 本次为第二次修订。

粉尘爆炸泄压规范

1 范围

本文件规定了粉尘爆炸泄压的技术要求、爆炸泄压装置安装使用和维护要求,描述了相应的证实方法。

本文件适用于粉尘爆炸危险场所工艺设备设施爆炸泄压。

本文件不适用于具有煤矿井下、烟花爆竹、火炸药和强氧化剂以及有毒性或腐蚀性的粉尘场所。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 15577 粉尘防爆安全规程

GB/T 15604 粉尘防爆术语

3 术语和定义

GB/T 15604 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

含尘工艺设备 **dust containment processing equipment**

内部存在可燃性粉尘空气混合物的工艺设备(包括容器和管道)。

3.2

爆炸泄压 **explosion venting**

泄爆

泄压

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容器的方法。

3.3

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

p_{red}
采取了爆炸控制措施后,受保护工艺设备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。

3.4

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

$p_{red,max}$
系统地改变可燃性粉尘的浓度所测得的受控爆炸压力(3.3)的最大值。

3.5

静开启压力 **static activation pressure**

p_{stat}

通过压力缓慢上升使泄压装置开启的压力。

注：静开启压力单位为兆帕(MPa)。

3.6

几何泄压面积 **geometric venting area**

A_v

在考虑流通截面减小的情况下,爆炸泄压时泄压口的最小流通截面积。

注：包括背压支撑装置、约束装置和爆炸泄压后的残留部件。

3.7

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 $p_{\text{red,max}}$ 来衡量。

3.8

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。

3.9

泄压效率 **venting efficiency**

E_F

有效泄压面积与几何泄压面积的比值。

示例：某泄爆门的几何泄压面积为 1 m^2 ,如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 1：表示泄压装置由于存在惯性或阻火元件而降低泄压效果的无量纲数。

注 2：基准泄压元件的泄压效率为 1。

3.10

泄压导管 **venting duct**

用于将泄压口引向安全区域的管道。

3.11

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。

3.12

爆炸泄压装置 **explosion venting device**

泄压装置

泄爆装置

正常操作时封闭,而在爆炸时打开泄压口的装置。

3.13

无焰爆炸泄压 **flameless explosion venting**

无焰泄压

无焰泄爆

能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。



3.14

无焰爆炸泄压装置 **flameless explosion venting device**

无焰泄压装置

无焰泄爆装置

由泄爆片和阻火元件组成,能淬熄泄放火焰并限制爆炸压力的装置。

3.15

阻火元件 **flame quenching element**

无焰爆炸泄压装置上,用于防止火焰传播到被保护工艺设备外部从而降低爆炸泄压对工艺设备外部造成危害的一个或多个元件。

3.16

泄压元件 **venting element**

爆炸泄压装置上,非爆炸条件下封闭泄压口、并在爆炸条件下开启的元件。

注:泄压元件为可再用的或不可再用的。

3.17

基准泄压元件 **baseline venting element**

单位面积质量小于 0.5 kg/m^2 且在惯性作用下不阻碍泄压过程的泄压元件。

注:例如爆破片。

3.18

标称保护容积 **nominal protection volume**

$V_{\text{max,FV}}$

单一无焰爆炸泄压装置能保护的容器的最大容积。

4 技术要求

4.1 通用要求

4.1.1 企业应结合自身工艺、设备、粉尘爆炸特性及粉尘爆炸风险评估情况,选择规模、类别、使用性质、功能用途、爆炸危险性等相适应的粉尘爆炸泄压保护措施。

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

4.1.3 当仅采用泄爆措施进行防爆保护时,泄爆装置的有效泄压面积不应小于理论泄压面积。

4.1.4 建(构)筑物内的含尘工艺设备(以下简称“工艺设备”)采用泄爆措施保护时,应采用无焰泄爆装置或采用泄压导管将泄压口引到建(构)筑物外,泄压导管的长度不应超过 3 m。

4.1.5 泄压口附近应设置危险区域范围和警示标志。

4.1.6 存在粉尘爆炸危险场所的建(构)筑物的泄爆要求应符合 GB 15577 的相关要求。

4.1.7 粉尘爆炸危险场所含尘工艺设备设施采用泄爆措施时,应对其泄压面积、泄压口位置、泄压装置的选型等内容进行设计,设计应有设计说明文件。

4.1.8 当工艺设备处理混合后不会加剧爆炸危险反应的不同类别粉尘时,应选用爆炸指数最高的可燃性粉尘进行泄爆设计。

4.1.9 不应采用阀门、人孔、通风孔、观察窗(门)、活动盖板(门)等进行泄爆。

4.1.10 最大受控爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$ 不应超过工艺设备本体的设计强度,且不应超过工艺设备本体上阀门、人孔、通风孔、观察窗(门)、活动盖板(门)等部件的设计强度。

4.1.11 当工艺设备处理的可燃性粉尘发生变更时,应根据 4.1.1 要求重新进行评估和设计。

4.1.12 泄爆装置的静开启压力 p_{stat} 应根据被保护工艺设备内的正常操作压力及其波动范围选取合适值。

4.1.13 泄爆口应朝向空旷、安全的位置,不应正对操作室、会议室、休息室、更衣室等人员聚集场所、危险化学品堆放区域、可燃性粉尘及物料堆积存放区和重要工艺设备设施等位置。

4.2 设计和选型

4.2.1 容器的爆炸泄压

4.2.1.1 容器的泄压面积计算应按附录 A 进行,泄压面积的计算示例见附录 B,泄压面积计算时用到的容器的长径比 L/D 的计算见附录 C。爆炸泄压的附加影响及其防护计算见附录 D。

4.2.1.2 如爆炸泄压的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,导向板的设计方法见附录 E。

4.2.1.3 容器内部有障碍物时,应通过设计防止障碍物阻挡泄爆;当容器内部有障碍物且无法避免障碍物阻挡泄压口时,应在泄压面积计算中考虑泄爆装置的泄压效率。

4.2.1.4 除尘器含尘室容积不应包括其内的滤袋、滤筒或其他过滤介质包围的容积,有关计算见附录 F 的 F.1。旋风除尘器的泄压口设置在出风管道的顶部或主体的肩部时,其设计见 F.2。

4.2.1.5 当容器上无法设置按附录 A 算得的泄压面积时,则应采用泄爆、隔爆、抑爆、惰化等组合爆炸控制技术。

4.2.1.6 设置在工艺设备本体上的插入式除尘器应与相连工艺设备一同考虑泄压面积。

4.2.1.7 袋式除尘器的泄压口应设置在含尘室。

4.2.2 管道的爆炸泄压

4.2.2.1 管道的泄压设计见附录 G。如管道有弯头或内部障碍,应在弯头和障碍处进行泄压。斗式提升机的泄压设计见附录 H。

4.2.2.2 管道上泄压装置的静开启压力,不应大于与管道相连设备上的泄压装置的静开启压力,且每个泄压位置的泄压面积不应小于管道的截面积。

4.2.3 泄爆装置选型

4.2.3.1 泄爆装置的选型应适合环境条件和工艺条件,例如防止积雪和积冰、防止物料在泄爆装置的内表面积累等。

4.2.3.2 如泄爆装置的应用环境存在热量散失或结露的情况,则泄爆装置的内外表面应设计安装隔热材料。

4.2.3.3 无焰泄爆装置应避免因泄漏的工艺粉尘进入阻火元件而导致泄压效率降低。

4.2.3.4 当采用无焰泄爆装置对工艺设备进行保护时,如工艺设备的容积是无焰泄爆装置标称保护容积 $V_{\text{max,FV}}$ 的 n 倍(不足 n 倍时按 n 倍计算, $1 \leq n \leq 4$),则该工艺设备应至少使用 n 个无焰泄爆装置;被保护工艺设备的容积不应超过无焰泄爆装置标称保护容积 $V_{\text{max,FV}}$ 的 4 倍。

4.3 泄爆装置要求

4.3.1 通用要求

4.3.1.1 泄爆装置在所受静态压力达到其静开启压力时应开启;不以泄压为目的的部件,在爆炸泄压时不应爆裂。

4.3.1.2 泄爆装置的设计和材料性能应将静电、热表面等潜在点燃源的风险考虑在内。

4.3.1.3 使用的泄爆装置应附有对应的同型号的功能性验证文件。

4.3.1.4 应按照泄爆装置的技术文件正确组装、使用、维护、调校、拆卸泄爆装置及有关附件。

4.3.2 技术文件

4.3.2.1 泄爆装置应包含相应的安装、使用和维护手册等技术文件。

4.3.2.2 技术文件应包括以下内容。

- a) 泄爆装置技术参数：
 - 静开启压力 p_{stat} ；
 - 最大爆炸压力 p_{max} 和爆炸指数 K_{St} 的适用范围；
 - 几何泄压面积 A_{V} ；
 - 泄压效率 E_{F} 。
- b) 制造商的名称和地址。
- c) 认证报告。
- d) 使用手册适用的装置型号。
- e) 制造日期。
- f) 使用年限与装置更换条件。
- g) 安全警告标识。

4.3.2.3 无焰泄爆装置的技术文件除满足 4.3.2.2 要求外,还应至少包括以下内容：

- a) 适用的粉尘种类；
- b) 适用温度范围；
- c) 标称保护容积 $V_{\text{max,FV}}$ ；
- d) 安装条件和泄压方向；
- e) 有关重复使用与可再用元件的检查程序；
- f) 对关键部件进行定期检查的要求；
- g) 安全距离。

4.3.3 标识

4.3.3.1 泄爆装置应设有标识,且应有标识的文档记录,泄爆装置上应标有对应文档的编号。

4.3.3.2 泄爆装置的标识应至少包括以下内容：

- a) 制造商的名称和联系方式；
- b) 型号；
- c) 标称尺寸；
- d) 批次；
- e) 制造日期；
- f) 泄压元件的单位面积质量；
- g) 静开启压力及对应的温度；
- h) 流体方向；
- i) 装置设计适用的 K_{St} 和 p_{max} 。

4.3.3.3 无焰泄爆装置的标识除满足 4.3.3.2 的要求外,还应至少包括以下内容：

- a) 法兰等级和静开启压力；
- b) 泄压元件的类型。

5 安装使用和维护

5.1 安装与使用

5.1.1 泄爆装置及其附件的安装应按产品说明书的要求进行。

5.1.2 泄爆装置应紧靠被保护设备的壁面,泄压元件与设备壁面的距离不应大于泄压导管的水力直径。

5.1.3 安装泄爆装置时,泄压方向应避开人员作业场所,并与其他设备及建筑物墙体保持安全距离。

5.1.4 爆炸泄压装置的安装信息应记录归档。

5.1.5 泄压导管设置弯头时其角度不应小于 90° ,泄压导管的设置见 A.5。

5.1.6 应采用轻质覆盖物防止雨雪进入泄压导管,其单位面积质量应小于 0.5 kg/m^2 ,且不应形成危险抛射物。

5.2 检查、维护与维修

5.2.1 应对泄爆装置每年至少进行一次检查和维护,并保证其功能完好。检查内容应包括:

- a) 泄爆装置表面是否有积尘、积雪、积冰或存在其他影响泄爆装置正常功能的因素;
- b) 泄爆装置是否破损;
- c) 爆破片或泄爆门的链、钩、夹紧装置、密封垫是否正常。

5.2.2 工艺设备运行时,不对泄爆装置进行维修。

5.2.3 带有可再用元件的泄爆装置在开启后,应检查其是否可继续使用。

5.2.4 检查、维护与维修工作不应改变泄压装置的静开启压力。

5.2.5 泄爆装置的使用不应超过其技术文件规定的使用年限;若泄爆装置超期使用,则应重新评估装置安全性能。

5.2.6 泄爆装置的检查、维护与维修信息应记录归档并永久保存。

6 证实方法



6.1 第4章涉及爆炸泄压的通用要求,应通过勘察现场、查阅企业风险辨识清单和安全管理文件等资料进行验证。

6.2 第4章涉及爆炸泄压设计和选型的要求,应查验泄爆设计文件和选型记录。

6.3 第4章涉及爆炸泄压装置的要求,应查验泄爆装置的技术文件(包括产品说明书、性能证明文件等)和产品标识。

6.4 第5章涉及泄爆装置使用维护的要求,应查验安装信息文件、安全验收文件和企业维护保养制度和记录。

附 录 A
(规范性)
容器泄压面积计算

A.1 一般要求

A.1.1 泄压面积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} 。

A.1.2 最大爆炸压力 p_{max} ，爆炸指数 K_{St} 按 GB/T 16426 规定的方法确定。

注：本文件中的 K_{St} 即 GB/T 16426 中的 K_{max} 。

A.1.3 计算泄压面积时，如静开启压力的相对允差 r 不超过 $\pm 25\%$ ，则可使用静开启压力 p_{stat} 的标称值，否则使用静开启压力范围的最大值 $[(1+r) \times p_{\text{stat}}]$ 。

A.1.4 如泄压装置的泄压效率 $E_{\text{F}} < 1$ ，则几何泄压面积 A_{V} 按式(A.1)计算：

$$A_{\text{V}} = A / E_{\text{F}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

A ——理论泄压面积，单位为平方米(m^2)。

A.1.5 如设备用于具有不同爆炸特性参数的粉尘，则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。

A.2 独立容器的爆炸泄压

A.2.1 如满足公式的应用条件，则独立容器的泄压面积按式(A.2)或式(A.5)计算：

- a) 当 $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{red,max}} < 0.15 \text{ MPa}$ 时，则按式(A.2)计算：

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

其中，

$$B = [8.805 \times 10^{-4} \cdot p_{\text{max}} \cdot K_{\text{St}} \cdot p_{\text{red,max}}^{-0.569} + 0.853 \text{ 8} \cdot (p_{\text{stat}} - 0.01) \cdot p_{\text{red,max}}^{-0.5}] \cdot V^{0.753} \dots\dots\dots (A.3)$$

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

- b) 当 $0.15 \text{ MPa} \leq p_{\text{red,max}} < 0.20 \text{ MPa}$ 时，则按式(A.5)计算：

$$A = B \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

A ——泄压面积，单位为平方米(m^2)；

V ——容器容积，单位为立方米(m^3)。

式(A.2)和式(A.5)的应用条件如下。

——容器容积： $0.1 \text{ m}^3 \leq V \leq 10\,000 \text{ m}^3$ 。

——泄压装置的静开启压力： $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{stat}} \leq 0.1 \text{ MPa}$ 。

注 1: 允许静开启压力 p_{stat} 小于 0.01 MPa, 但计算泄压面积时, p_{stat} 的最低取值为 0.01 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 $1 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} \leq K_{\text{St}} \leq 30 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$, 则 $0.5 \text{ MPa} \leq p_{\text{max}} \leq 1 \text{ MPa}$ 。

——如 $30 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} < K_{\text{St}} \leq 80 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$, 则 $0.5 \text{ MPa} \leq p_{\text{max}} \leq 1.2 \text{ MPa}$ 。

——容器内爆炸前的初始工艺条件:

- 绝对压力 $\leq 110 \text{ kPa}$;
- 氧浓度 $\leq 21\%$;
- 温度: $-20 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

注 2: 如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, 则计算公式仍适用。

- 长径比: $1 \leq L/D \leq 20$ 。

A.2.2 如 A.2.1 的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。

A.3 特殊的粉尘云条件

A.3.1 如采用气力输送向容器进料, 且进料口接近顶部中心轴线, 则泄压面积按式(A.6)或式(A.7)计算:

a) 当容器高度 $L \leq 10 \text{ m}$ 时, 则按式(A.6)计算:

$$A = X \cdot [1 + Y \cdot \lg(L/D)] \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

b) 当容器高度 $L > 10 \text{ m}$ 时, 则按式(A.7)计算:

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

其中,

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

$$Y = 0.057 \ 54 \cdot p_{\text{red, max}}^{-1.27} \quad \dots\dots\dots (\text{A.9})$$

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

式中:

L/D ——容器的长径比;

D_F ——进料管线的直径, 单位为米(m);

D_z ——容器的有效直径, 单位为米(m)。

式(A.6)和式(A.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(不考虑检测设备)。

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

——最大输送风量: $Q \leq 2 \ 500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

——最大输送风速: $v_L \leq 30 \text{ m/s}$ 。

——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: $p_{\text{max}} \leq 0.9 \text{ MPa}$ 。

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

A.3.2 当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时,则泄压面积按式(A.11)计算:

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

其中,

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

$$Y = 0.166 \cdot \exp\left(\frac{K_{\text{St}}}{12.9}\right) \cdot (10 \cdot p_{\text{red,max}})^{(-1.27/k)} \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

k ——计算系数。当 $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{red,max}} \leq 0.1 \text{ MPa}$ 时, $k = 1$; 当 $0.1 \text{ MPa} < p_{\text{red,max}} \leq 0.17 \text{ MPa}$ 时, $k = 2$ 。

D_z 应按式(A.10)计算。

式(A.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: $Q \leq 2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。
- 最大输送风速: $v_L \leq 30 \text{ m/s}$ 。
- 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: $p_{\text{max}} \leq 0.9 \text{ MPa}$ 。
- 粉尘爆炸指数: $10 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} \leq K_{\text{St}} \leq 22 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 。

A.3.3 如采用自由落体方式向容器和筒仓进料,例如通过旋转下料阀或螺旋进料机等,且进料速率不大于 $8\,000 \text{ kg/h}$,则泄压面积按式(A.6)或式(A.7)计算。

A.3.4 如容器安装有集成式除尘器,且满足以下所有条件,则 A.3.1~A.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) 除尘器的耐压强度不低于容器的强度。

A.4 互相连通的容器系统的爆炸防护

A.4.1 如互相连通的容器系统采取了爆炸隔离措施,则准许按 A.2 和 A.3 规定的计算方法确定每个容器的泄压面积。

A.4.2 如互相连通的容器系统未采取爆炸隔离措施,则按 A.4.3 和 A.4.4 规定的计算方法确定每个容器的泄压面积。

A.4.3 如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 $20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$,则采用泄压保护的管道相连容器系统应满足以下要求:

- a) 如两个容器具有相近的尺寸(容积差不超过 10%),则每个容器均按式(A.1)~式(A.5)计算泄压面积;
- b) 如容器尺寸不同,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其他爆炸保护措施;

c) 泄压装置的静开启压力 p_{stat} 不能大于 0.02 MPa。

A.4.4 如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 m³,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 $K_{\text{St}} \leq 15 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$,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不能大于 0.05 MPa;

b) 如 $15 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} < K_{\text{St}} \leq 25 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$,且无量纲泄压面积大于 0.4,则最大受控爆炸压力不能大于 0.05 MPa;

c) 泄压装置的静开启压力 p_{stat} 不能大于 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。

A.4.5 如互相连通的容器系统未采取爆炸隔离措施,且不满足 A.4.3 和 A.4.4 规定的计算公式应用条件,则应通过型式试验验证。

A.5 泄压导管的影响

A.5.1 如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,则可不考虑泄压导管对最大受控爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$ 的影响。

A.5.2 方形泄压导管的直径 D 应取其水力直径。

A.5.3 如泄压导管不满足 A.5.1 的要求,则容器的最大受控爆炸压力 $p'_{\text{red,max}}$ 应按式(A.14)计算:

$$p'_{\text{red,max}} = p_{\text{red,max}} \cdot [1 + 17.3 \cdot (A \cdot V^{-0.753})^{1.6} \cdot l] \quad \dots\dots\dots (\text{A.14})$$

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,单位为兆帕(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,单位兆帕(为 MPa);

A ——无泄压导管情况下的理论泄压面积,单位为平方米(m²);

V ——被保护容器的容积,单位为立方米(m³);

l ——泄压导管的长度,单位为米(m)。

式(A.14)的应用条件如下。

——容器容积: $0.1 \text{ m}^3 < V < 10\,000 \text{ m}^3$ 。

——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: $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{stat}} \leq 0.02 \text{ MPa}$ 。

注: 允许静开启压力 p_{stat} 小于 0.01 MPa,但计算泄压面积时, p_{stat} 的最低取值为 0.01 MPa。

——有泄压导管情况下的最大受控爆炸压力: $p'_{\text{red,max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$ 。

——无泄压导管情况下的最大受控爆炸压力: $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red,max}} \leq 0.2 \text{ MPa}$,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 $1 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} < K_{\text{St}} < 40 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$,如为金属粉尘,则 $K_{\text{St}} < 20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 。

A.5.4 对于 p_{max} 、 K_{St} 和 p_{stat} 等参数,如任何一个参数的值小于式(A.14)规定的有效范围,则应取该参数有效范围的最小值。

A.5.5 如泄压管道的长度达到临界长度 l_s ,则泄压导管的影响达到极限,泄压导管的长度 l 应按

式(A.15)确定:

$$l=l_s=1.947\cdot p_{\text{red,max}}^{-0.37}\cdots\cdots\cdots(\text{A.15})$$

A.5.6 如泄压导管的长度大于临界长度 l_s ,则应将 $l=l_s$ 代入式(A.14)计算 $p'_{\text{red,max}}$ 。

A.5.7 式(A.15)不适用于金属粉尘,式(A.14)的应用条件也适用于式(A.15)。

A.5.8 泄压导管应满足以下要求:

- a)

设计强度不小于被保护设备的强度;
- b)

截面积等于泄压口面积;
- c)

泄压面的轴线与泄压导管之间的夹角不超过 20° ;
- d)

泄压导管内沿泄压方向截面不减小。

A.5.9 图 A.1 所示泄压导管的布置方式符合式(A.14)和式(A.15)的应用条件。

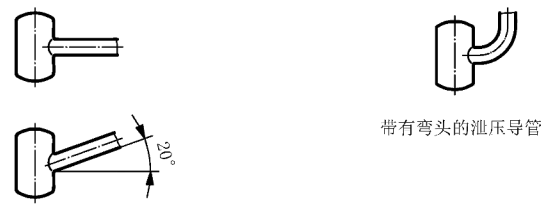


图 A.1 符合式(A.14)和式(A.15)应用条件的泄压导管的设计示意图

A.5.10 图 A.2 所示泄压导管的布置方式不符合式(A.14)和式(A.15)的应用条件,除非有爆炸泄压试验作为依据,可预测泄压导管对最大受控爆炸压力的影响,否则不可采用图 A.2 所示的任意一种泄压导管布置方式。

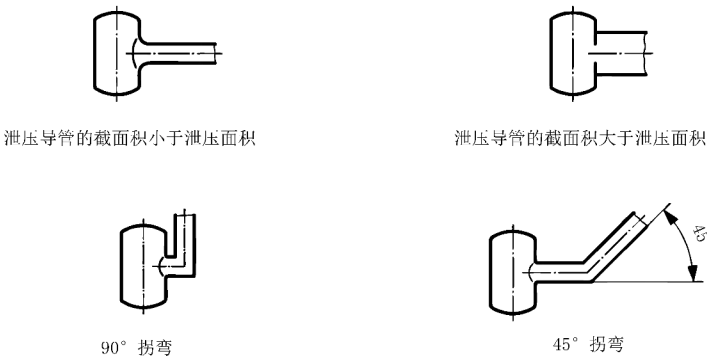


图 A.2 不符合式(A.14)和式(A.15)应用条件的泄压导管的设计示意图

A.6 异相混合物

A.6.1 A.6 所规定的计算方法只适用于主要成分为可燃性粉尘的异相混合物。

A.6.2 如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下限 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。

A.6.3 如所处理产品中包含 0.5%(质量分数)的可燃溶剂,则应将异相混合物的爆炸风险纳入考虑。

A.6.4 如存在异相混合物,则应采用式(A.1)~式(A.5)计算泄压面积,且应用条件满足:粉尘的爆炸指数 $K_{st}<30\text{ MPa}\cdot\text{m/s}$,可燃气体或可燃蒸气的爆炸指数 $K_c<10\text{ MPa}\cdot\text{m/s}$,且下列参数应作为式(A.1)~式(A.5)的输入参数:

——最大爆炸压力 $p_{\max}=1\text{ MPa}$;

——粉尘爆炸指数 $K_{\text{St}}=50\text{ MPa}\cdot\text{m/s}$ 。

A.6.5 对于由 $K_{\text{St}}>30\text{ MPa}\cdot\text{m/s}$ 的可燃性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。



附录 B
(资料性)
泄压面积计算示例

B.1 容器、料仓泄压面积的计算

B.1.1 容器的设计强度对泄压面积的影响

下面将应用 A.2 中的式(A.2)与式(A.5)计算容积为 20 m³ 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 St_1 、最大爆炸压力 $p_{max}=0.9$ MPa、爆破片的静开启压力 $p_{stat}=0.01$ 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 B.1 所示。

表 B.1 长径比为 1,不同设计强度的容器所需的泄压面积

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

最大受控爆炸压力($p=p_{red,max}$) MPa	泄压面积(A) m ²
0.025	1.23
0.050	0.83
0.100	0.56
0.150	0.45

B.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。此影响随最大受控爆炸压力的增大而减小,并在 $p_{red,max}=0.15$ MPa 时消失。

如将 B.1.1 算例中 20 m³ 容器的长径比改为 $L/D=3$,其他条件不变,则所需泄压面积如表 B.2 所示。

表 B.2 长径比为 3,不同设计强度的容器所需的泄压面积

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

最大受控爆炸压力($p=p_{red,max}$) MPa	泄压面积(A) m ²
0.025	3.21
0.050	1.65
0.100	0.76
0.150	0.45



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

表 B.3 泄压效率对泄压面积的影响

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

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

B.2 泄压导管对容器设计强度的影响

如在爆破片的下游装有泄压导管,则容器的设计强度 p 需要按式(A.14)增至 $p'_{\text{red,max}}$,如表 B.4 所示。

表 B.4 根据不同长度泄压导管计算出的最大受控爆炸压力

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

最大受控爆炸压力 ($p_{\text{red,max}}$) MPa	泄压面积 (A) m^2	泄压导管临界长度 (l_s) m	泄压导管长度(l) m		
			2 m	4 m	8 m
			设计强度($p=p'_{\text{red,max}}$) 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

B.3 泄压容器外部火焰长度与外部峰值压力

用 D.1 给出的式(D.1)和 D.2 给出的式(D.5)和式(D.7)估算火焰伸出容器泄压口后的最大长度 L_F 与二次爆炸的外部峰值压力 $p_{\text{ext,max}}$ 。表 B.5 中列出了两个不同容积容器的外部压力 $p_{\text{ext,r}}$,其随距泄压口距离 r 的增大而降低。

表 B.5 泄压容器的火焰长度与外部峰值压力

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

容器容积 (V) m^3	火焰长度 (L_F) m	泄压面积 (A) m^2	最大受控 爆炸压力 ($p_{\text{red,max}}$) MPa	外部峰值 压力 ($p_{\text{ext,max}}$) MPa	外部峰值压力 出现距离 (R_s) m	距泄压口距离(r) m		
						10	20	40
						外部压力($p_{\text{ext},r}$) MPa		
20	27.14	1.23	0.025	0.008 8	6.79	0.004 9	0.001 7	0.000 6
		0.83	0.050	0.016 8		0.009 4	0.003 3	0.001 2
		0.56	0.100	0.032 2		0.018 1	0.006 4	0.002 3
60	39.15	2.83	0.025	0.011 6	9.79	0.011 2	0.004 0	0.001 4
		1.90	0.050	0.022 3		0.021 6	0.007 6	0.002 7
		1.28	0.100	0.042 8		0.041 55	0.014 7	0.005 2

B.4 反冲力

表 B.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 $F_{R,\max}$ [见式(D.8)],反冲力持续时间 t_R [见式(D.9)]和所导致的冲量 I_R [见式(D.10)]。

表 B.6 有关反冲力的计算示例

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

容器容积(V) m^3	泄压面积(A) m^2	最大受控爆炸压力 ($p_{\text{red,max}}$) MPa	反冲力($F_{R,\max}$) kN	反冲力持续时间 (t_R) s	冲量(I_R) $\text{kN}\cdot\text{s}$
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	3.90	1.70	74.26
	1.90	0.050	113.05	1.26	74.26
	1.28	0.100	152.32	0.94	74.26

附录 C

(资料性)

计算泄压面积时确定被保护容器/料仓的长径比

C.1 概述

C.1.1 应用式(A.2)、式(A.6)、式(A.7)和式(A.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。

C.1.2 式(A.2)、式(A.6)、式(A.7)和式(A.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。

C.1.3 在上述情况下,如容器是圆筒形或矩形,则可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 。如容器由圆筒部分和圆锥部分组成,或者泄压装置设置在容器的侧面,则长径比 L/D 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} 进行估算求得。

C.1.4 长径比 L/D 的简易计算步骤如下:

- 计算有效火焰传播距离 L_{eff} ;
- 计算有效火焰体积 V_{eff} ;
- 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} ;
- 通过有效横截面积 A_{eff} 计算出有效直径 D_{eff} ;
- 长径比 $L/D = L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}}$ 。

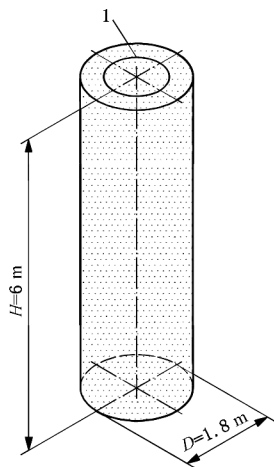
C.1.5 长径比 L/D 的计算示例见 C.2~C.9。

C.2 圆筒形容器顶部泄压

圆筒形容器的顶部泄压示例如图 C.1 所示。

此例中,火焰从容器底部传播至顶部泄压口,长径比 L/D 等于容器表观上的长径比,计算步骤如下:

- 有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}} = 6 \text{ m}$;
- 有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = (\pi D^2/4)H = (\pi \times 1.8^2/4) \times 6 = 15.27 \text{ m}^3$ (见图 C.1 中阴影部分);
- 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/H = 15.27/6 = 2.545 \text{ m}^2$;
- 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}}/\pi)^{0.5} = (4 \times 2.545/\pi)^{0.5} = 1.8 \text{ m}$;
- 长径比 $L/D = L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}} = 6/1.8 = 3.333$ 。



标引序号(符号)说明：

1 —— 泄压口；

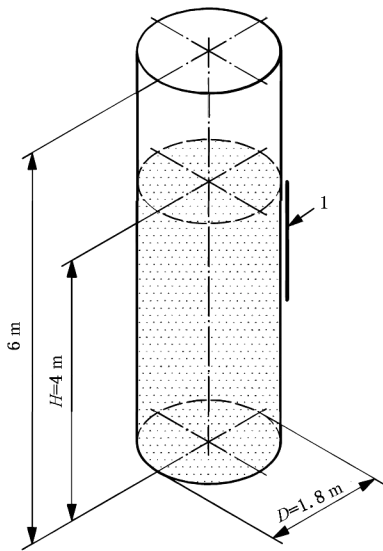
H —— 容器底部至顶部泄压口的高度；

D —— 容器直径。

图 C.1 圆筒形容器顶部泄压示意图

C.3 圆筒形容器侧面泄压

圆筒形容器的侧面泄压示例如图 C.2 所示。



标引序号(符号)说明：

1 —— 泄压口；

H —— 容器底部至泄压口上边界的高度；

D —— 容器直径。

图 C.2 圆筒形容器侧面泄压示意图

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,计算步骤如下:

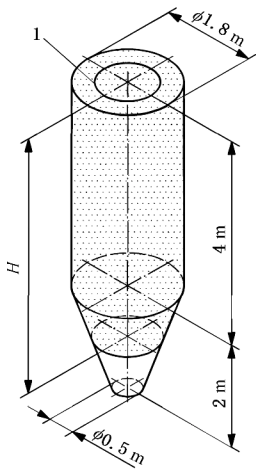
- a) 有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}}=H=4\text{ m}$;
- b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}}=(\pi D^2/4)H=(\pi\times 1.8^2/4)\times 4=10.18\text{ m}^3$ (见图 C.2 中阴影部分);
- c) 有效横截面积 $A_{\text{eff}}=V_{\text{eff}}/H=10.18/4=2.545\text{ m}^2$;
- d) 有效直径 $D_{\text{eff}}=(4A_{\text{eff}}/\pi)^{0.5}=(4\times 2.545/\pi)^{0.5}=1.8\text{ m}$;
- e) 长径比 $L/D=L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}}=4/1.8=2.22$ 。

C.4 带锥体的圆筒形容器顶部泄压

带锥体的圆筒形容器的顶部泄压示例如图 C.3 所示。

此例中,火焰从容器底部传播至顶部泄压口,计算步骤如下:

- a) 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 $V_{\text{eff}}=(\pi\times 1.8^2/4)\times 4+2\times \pi/3\times (0.9^2+0.9\times 0.25+0.25^2)/3=10.18+0.77=10.95\text{ m}^3$ (见图 C.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 $L/D=L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}}=4.667/1.728=2.70$ 。



标引序号(符号)说明:

1 ——泄压口;

H ——锥体高度的 1/3 处至泄压装置上边界的高度。

图 C.3 带锥体的圆筒形容器顶部泄压示意图

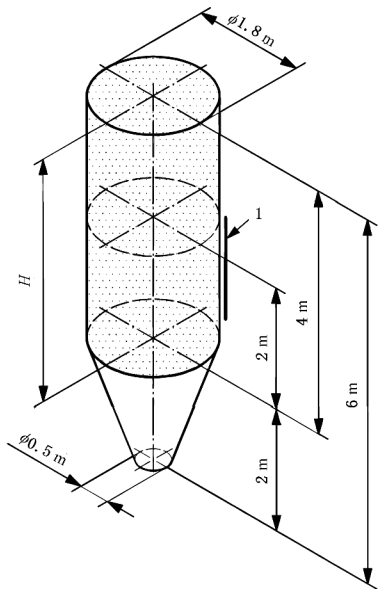
C.5 带锥体的圆筒形容器侧面泄压(泄压口靠近锥体)

带锥体的圆筒形容器的侧面泄压示例如图 C.4 所示。

此例中,火焰从容器顶部传播至泄压口下边界,计算步骤如下:

- a) 有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}}=4\text{ m}$;

- b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = (\pi \times 1.8^2 / 4) \times 4 = 10.18 \text{ m}^3$ (见图 C.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 $L / D = L_{\text{eff}} / D_{\text{eff}} = 4 / 1.80 = 2.22$ 。



标引序号(符号)说明:

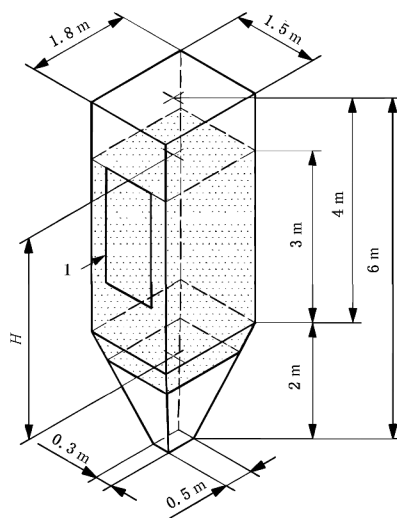
1 —— 泄压口;

H —— 容器顶部到泄压口下边界的高度。

图 C.4 带锥体的圆筒容器侧面泄压(泄压口靠近锥体)示意图

C.6 带锥体的方形容器侧面泄压

带锥体的方形容器的侧面泄压示例如图 C.5 所示。



标引序号(符号)说明:

1 ——泄压口;

H ——锥体高度的 1/3 处至泄压装置上边界的高度。

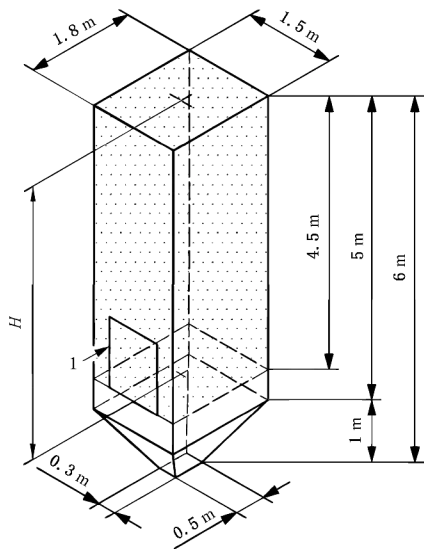
图 C.5 带锥体的方形容器侧面泄压示意图

此例中,火焰从容器底部传播至泄压口上边界,计算步骤如下:

- 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 加上方形容器底部至泄压装置上边界的垂直距离,即 $L_{\text{eff}} = 1/3 \times 2 + 3 = 3.667 \text{ m}$;
- 火焰通过的全部有效体积 V_{eff} 为锥体容积的 1/3 加上方形容器底部至泄压口上边界的空间,即有效火焰体积 $V_{\text{eff}} = 1/3 \times [0.5 \times 2 \times (1.5 - 0.3)/2 + 0.3 \times 2 \times (1.8 - 0.5)/2 + 2 \times (1.8 - 0.5) \times (1.5 - 0.3)/3 + 0.5 \times 0.3 \times 2] + 1.8 \times 1.5 \times 3 = 1/3 \times 2.33 + 8.1 = 8.877 \text{ m}^3$ (见图 C.5 中阴影部分);
- 有效横截面积 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} / H = 8.877 / 3.667 = 2.42 \text{ m}^2$;
- 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}} / \pi)^{0.5} = (4 \times 2.42 / 3.14)^{0.5} = 1.756 \text{ m}$;
- 长径比 $L/D = L_{\text{eff}} / D_{\text{eff}} = 3.667 / 1.756 = 2.089$ 。

C.7 带锥体的方形容器侧面泄压(泄压口靠近锥体)

带锥体的方形容器的侧面泄压(泄压口靠近锥体)示例如图 C.6 所示。



标引序号(符号)说明：
1 —— 泄压口；
 H —— 容器顶部到泄压口下边界的高度。

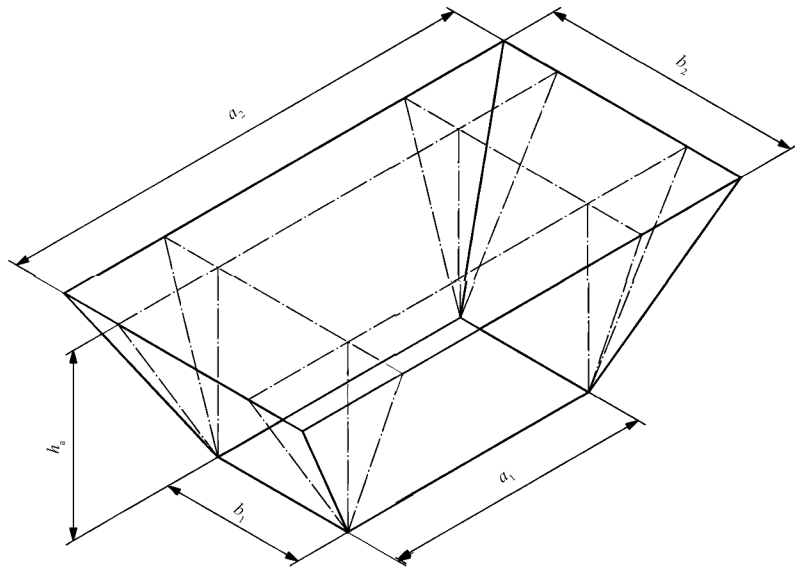
图 C.6 带锥体的方形容器侧面泄压(泄压口靠近锥体)示意图

此例中,火焰从容器顶部传播至泄压口下边界,计算步骤如下:

- a) 有效火焰传播距离 $L_{\text{eff}}=4.5\text{ m}$;
- b) 有效火焰体积 $V_{\text{eff}}=4.5\times 1.8\times 1.5=12.15\text{ m}^3$ (见图 C.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 $D_{\text{eff}}=(4A_{\text{eff}}/\pi)^{0.5}=(4\times 2.7/3.14)^{0.5}=1.854\text{ m}$;
- e) 长径比 $L/D=L_{\text{eff}}/D_{\text{eff}}=4.5/1.854=2.427$ 。

C.8 方锥和圆锥的体积计算

方锥的体积计算示例如图 C.7 所示。



标引序号(符号)说明:

- a_1 ——底面长,单位为米(m);
- b_1 ——底面宽,单位为米(m);
- h_a ——方锥的高,单位为米(m);
- a_2 ——顶面长,单位为米(m);
- b_2 ——顶面宽,单位为米(m);
- V_s ——方锥的体积,单位为立方米(m^3)。

图 C.7 方锥体积计算示意图

方锥的体积按式(C.1)计算:

$$V_s = h_a / 3 [a_1 b_1 + (a_1 b_1 a_2 b_2)^{0.5} + a_2 b_2] \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

圆锥的体积按式(C.2)计算:

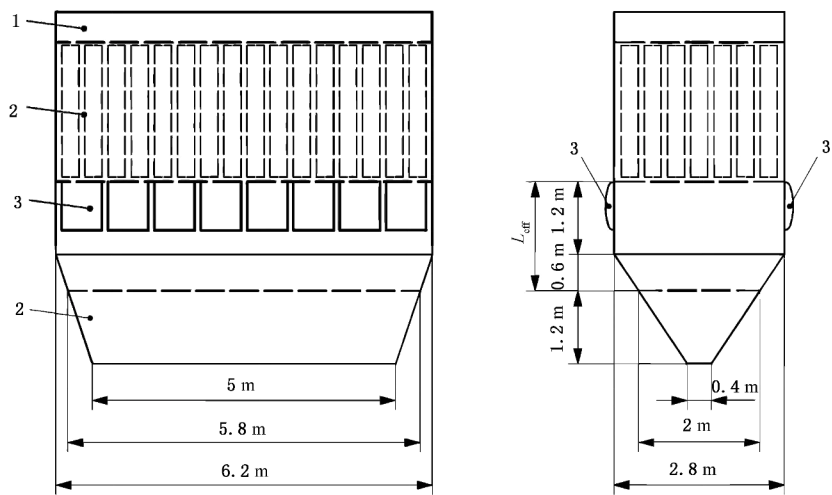
$$V_c = \pi(h)(D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2) / 12 \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

- V_c ——圆锥的体积,单位为立方米(m^3);
- h ——圆锥的高,单位为米(m);
- D_1 ——底面直径,单位为米(m);
- D_2 ——顶面直径,单位为米(m)。

C.9 带有锥体(料斗)的方形布袋除尘器的侧面泄压(泄压口靠近锥体)

带锥体(料斗)的方形布袋除尘器的侧面泄压(泄压口靠近锥体)示例如图 C.8 所示。



标引序号(符号)说明：

1 —— 洁净室；

2 —— 含尘室；

3 —— 泄压口；

L_{eff} —— 有效火焰传播距离。

图 C.8 带有锥体(料斗)的方形布袋除尘器的侧面泄压(泄压口靠近锥体)示意图

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忽略的类型。因此计算时,需按火焰从除尘器底部开始传播,计算步骤如下：

- a) 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 $A_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} = 26.35 / 1.8 = 14.64 \text{ m}^2$ ；
- d) 有效直径 $D_{\text{eff}} = (4A_{\text{eff}} / \pi)^{0.5} = (4 \times 14.64 / \pi)^{0.5} = 4.32 \text{ m}$ ；
- e) 由于 $L_{\text{eff}} / D_{\text{eff}} = 1.8 / 4.32 = 0.42 \leq 1$, 所以长径比 $L / D = 1$ 。

附录 D

(资料性)

容器爆炸泄压的附加影响及其防护

D.1 火焰范围

D.1.1 泄压口外部的火焰长度需按式(D.1)和式(D.2)计算:

水平泄压:

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

垂直泄压:

$$L_F = 8 \cdot V^{1/3} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

 L_F —— 火焰长度,单位为米(m); V —— 被保护容器的容积,单位为立方米(m^3)。

式(D.1)和式(D.2)的应用条件如下。

—— 容器容积: $0.1 \text{ m}^3 \leq V \leq 10\,000 \text{ m}^3$ 。—— 静开启压力: $0.01 \text{ MPa} \leq p_{\text{stat}} \leq 0.02 \text{ MPa}$ 。注: 允许静开启压力 p_{stat} 小于 0.01 MPa , 但计算泄压面积时, p_{stat} 的最低取值为 0.01 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: $1 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} \leq K_{\text{St}} \leq 30 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 。—— 容器的长径比: $L/D < 2$ 。—— 如计算结果超过 60 m , 则火焰长度 L_F 取 60 m 。

D.1.2 水平或垂直方向爆炸泄压的火焰宽度需按式(D.3)计算:

$$W_F = 2.8 \cdot V^{1/3} \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

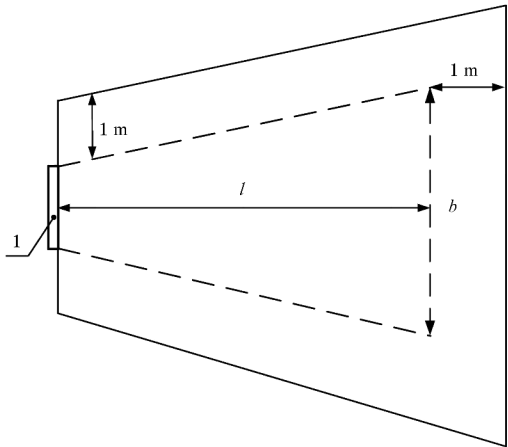
 W_F —— 火焰宽度,单位为米(m); V —— 容器容积,单位为立方米(m^3)。

式(D.3)的应用条件如下。

—— 粉尘爆炸指数: $K_{\text{St}} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 。

—— 式(D.1)和式(D.2)的其他应用条件也适用于式(D.3)。

D.1.3 泄压口附近的影响区域需按以下方法设置: 火焰区域向外延伸 1 m 的范围, 火焰长度和火焰宽度按 D.1 的要求计算, 如图 D.1 所示。



标引序号(符号)说明：
1——泄压口；
 l ——火焰长度；
 b ——火焰宽度。

图 D.1 泄压口附近危险区域的平面示意图

D.2 压力的外部影响

D.2.1 爆炸泄压的外部影响需要考虑泄压口外部区域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效应。

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。

D.2.2 泄压口外部区域的粉尘云爆炸产生的外部峰值压力需按式(D.4)计算：

$$p_{\text{ext,max}} = 0.2 \times p_{\text{red,max}} \times A_V^{0.1} \times V^{0.18} \dots\dots\dots (D.4)$$

式中：
 $p_{\text{ext,max}}$ ——外部峰值压力，单位为兆帕(MPa)；
 $p_{\text{red,max}}$ ——最大受控爆炸压力，单位为兆帕(MPa)；
 A_V ——几何泄压面积，单位为平方米(m^2)；
 V ——容器容积，单位为立方米(m^3)。
式(D.4)的应用条件如下。
——容器容积： $0.1 \text{ m}^3 \leq V \leq 250 \text{ m}^3$ 。
——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： $0.01 \text{ MPa} < p_{\text{red,max}} \leq 0.1 \text{ MPa}$ 。
——距泄压口的距离： $r > R_s$ 。
——粉尘最大爆炸压力： $p_{\text{max}} \leq 0.9 \text{ MPa}$ 。
——粉尘 K_{St} 值： $K_{\text{St}} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 。
——容器的长径比： $L/D < 2$ 。

D.2.3 外部峰值压力 $p_{\text{ext,max}}$ 的出现距离需按式(D.5)计算：

$$R_s = 0.25 \cdot L_F \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：
 L_F ——火焰长度，单位为米(m)，按 D.1.1 中的式(D.1)或式(D.2)计算。

注：式(D.5)的应用条件与式(D.4)的应用条件相同。

D.2.4 在距泄压口距离大于 R_S 的较远位置 r 处,泄压口外部区域的粉尘云爆炸产生的外部压力 $p_{\text{ext},r}$ 会降低,需按式(D.6)对其进行计算:

$$p_{\text{ext},r} = p_{\text{ext,max}} \cdot (R_S/r)^{1.5} \quad \dots\dots\dots (\text{D.6})$$

式中:

r ——外部压力计算位置距泄压口的距离,单位为米(m)。

注：式(D.6)的应用条件与式(D.4)的应用条件相同。

D.2.5 容器内部爆炸泄放所产生的外部压力 $p_{\text{ext},r}$ 需按式(D.7)计算:

$$p_{\text{ext},r} = 1.24 \cdot p_{\text{red,max}} \cdot (D/r)^{1.35} / [1 + (\alpha/56)^2] \quad \dots\dots\dots (\text{D.7})$$

式中:

r ——距离泄压口的距离,单位为米(m),且 $r > R_S$;

D ——泄压口的水力直径,单位为米(m);

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

注：式(D.7)的应用条件与式(D.4)的应用条件相同。

D.3 反冲力

D.3.1 最大反冲力 F_{Rmax} 需按式(D.8)计算:

$$F_{\text{Rmax}} = 1\,190 \cdot A_V \cdot p_{\text{red,max}} \quad \dots\dots\dots (\text{D.8})$$

式中:

F_{Rmax} ——反冲力,单位为千牛(kN);

A_V ——几何泄压面积,单位为平方米(m^2);

$p_{\text{red,max}}$ ——最大受控爆炸压力,单位为兆帕(MPa)。

D.3.2 在泄压设计时,需要考虑:在容器的两侧对称布置相同面积的泄压口,因为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。

D.3.3 泄压容器支撑结构的设计需要考虑反冲力的持续时间 t_R ,且需按式(D.9)计算:

$$t_R = (K_{\text{St}} \cdot V \cdot 10^{-4}) / (A_V \cdot p_{\text{red,max}}) \quad \dots\dots\dots (\text{D.9})$$

式中:

t_R ——反冲力脉冲的持续时间,单位为秒(s);

K_{St} ——粉尘爆炸常数,单位为兆帕米每秒($\text{MPa} \cdot \text{m/s}$);

V ——容器容积,单位为立方米(m^3);

$p_{\text{red,max}}$ ——最大受控爆炸压力,单位为兆帕(MPa);

A_V ——几何泄压面积,单位为平方米(m^2)。

D.3.4 反冲力产生的冲量 I_R 需按式(D.10)计算:

$$I_R = 0.52 \cdot F_{\text{Rmax}} \cdot t_R \quad \dots\dots\dots (\text{D.10})$$

式中:

I_R ——反冲力冲量,单位为千牛秒($\text{kN} \cdot \text{s}$)。

D.4 真空消除器

为防止容器内产生不可接受的高真空,需按式(D.11)确定真空消除器的尺寸。

$$A_{\text{suc}} = [-0.002\,19 \cdot \ln p_{\text{vac}} - 0.006\,17] \times V^{(-0.020\,7 \cdot \ln p_{\text{vac}} + 0.624\,0)} \quad \dots\dots\dots (\text{D.11})$$

式中:

A_{suc} ——有效抽吸面积,单位为平方米(m^2);

p_{vac} ——耐真空强度,单位为兆帕(MPa);

V ——容器容积,单位为立方米(m^3)。

式(D.11)的应用条件如下。

——容器容积: $5 \text{ m}^3 \leq V \leq 5\,000 \text{ m}^3$ 。

——容器耐真空强度: $0.002\,5 \text{ MPa} \leq p_{\text{vac}} \leq 0.05 \text{ MPa}$ 。



附 录 E
(资料性)
导向板

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

E.2 在导向板外围需规定一个危险区域,当设备运行时禁止人员进入此区域。危险区需具有足够的横向伸展以避免火焰横向偏转产生的危险。由于火焰会围绕导向板,因此导向板的正后方区域也是不安全的。

E.3 导向板的面积需至少为泄压口面积的 3 倍,其长度需至少为泄压口长度的 1.6 倍。

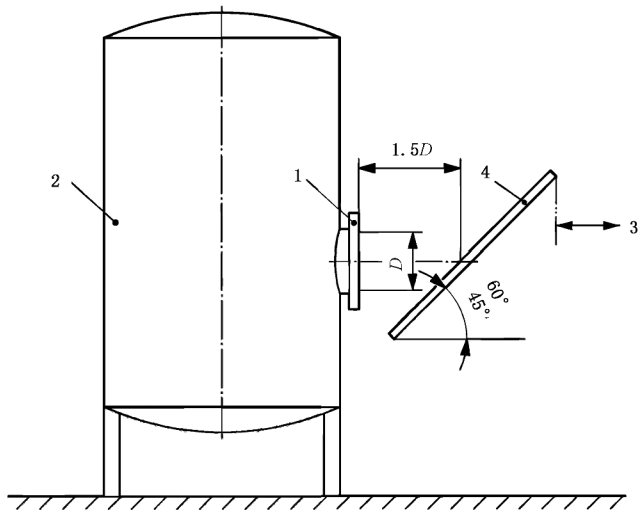
E.4 导向板的水平倾角需至少为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$,以便使喷射火焰向上偏转。泄压口的中心轴线需穿过导向板的中心。

E.5 导向板需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 E.1 给出的 $1.5D$ 的距离能满足要求,其中 D 为泄压口的水力直径,在实际应用中视不同情况予以修正。

E.6 需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。



标引序号(符号)说明:

- 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;
- D —— 泄压口的水力直径。

图 E.1 爆炸导向板的设计

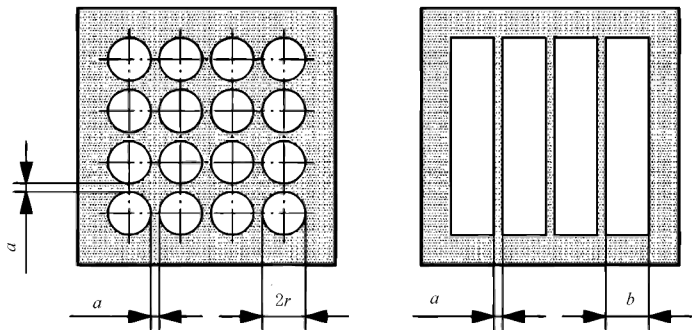
附录 F
(资料性)

除尘器爆炸泄压设计的特殊考虑

F.1 外滤式袋式除尘器

F.1.1 外滤式袋式除尘器的洁净室需包括滤袋、滤筒和支撑结构的内部容积。计算含尘室容积时,需扣除过滤元件占用的体积。

F.1.2 当外滤式袋式除尘器的滤袋或滤筒之间的距离 a 小于滤袋或滤筒的半径 r 或宽度 b 时,如图 F.1所示,则计算含尘室容积时,可扣除整个过滤单元外部包络线占用的空间。



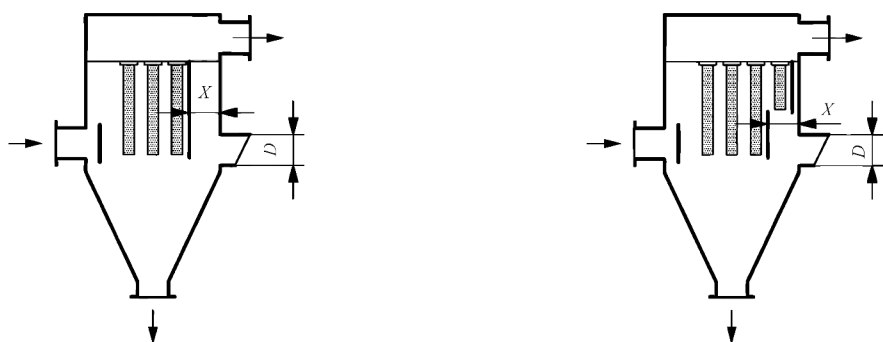
标引符号说明：
 a ——滤筒或滤袋之间的距离；
 b ——滤筒或滤袋的宽度；
 r ——滤筒或滤袋的半径。



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

F.1.3 当洁净室内含有可燃性粉尘,或爆炸时含尘室和洁净室的隔离结构不能保持完整时,则洁净室需进行爆炸泄压设计。

F.1.4 外滤式袋式除尘器的泄压口正前方不能有滤袋或滤筒阻挡,需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 需保证泄压口前方通道面积不小于泄压面积。如图 F.2 所示。



a) 移除濾袋或濾筒

b) 截短濾袋或濾筒

标引符号说明:

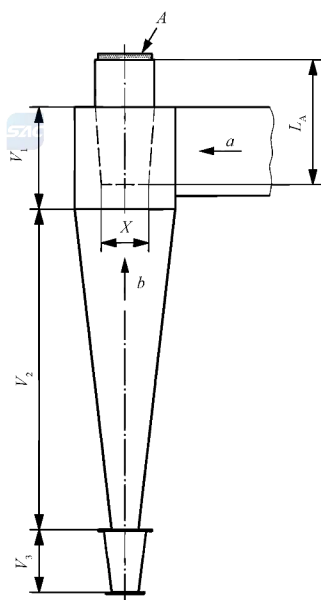
X ——泄压口正前方至滤筒或滤袋的距离;

D ——泄压口的直径。

图 F.2 泄压口前方的滤袋或滤筒处理

F.2 旋风除尘器

F.2.1 旋风除尘器的爆炸泄压设计需考虑旋风除尘器沉降段的容积。被保护容器的容积为图 F.3 中圆柱体积 V_1 、圆锥体积 V_2 和沉降段体积 V_3 之和。



标引符号说明:

a ——进气流方向；

b ——出气流方向；

A ——泄爆口；

V_1 ——圆柱段范围；

V_2 ——圆锥段范围;

V_3 ——沉降段范围。

图 F.3 旋风除尘器结构的举例

F.2.2 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)。

F.2.3 如将旋风除尘器的出气口顶部作为泄压口,则出气管道需作为泄压导管考虑,且其长度为 L_A ,并按有泄压导管的条件计算泄压面积。

F.2.4 如将旋风除尘器的出气口顶部作为泄压口,且出气管道为渐扩管,则需采用较小的横截面积(图 F.3 中的直径 X 对应的面积)计算最大受控爆炸压力。



附录 G

(资料性)

管道的爆炸泄压设计

如果初始爆炸在已采取爆炸保护措施的发生,且最大受控爆炸压力 $p_{\text{red,max}}$ 不超过 0.05 MPa,爆炸在无障碍管道中的传播距离 L 与该距离处的爆炸压力 p_L 的关系采用式(G.1)、式(G.2)、式(G.3)估算:

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

$$L = D \cdot \{324.8 \cdot [1 - \exp(-1.072 \cdot p_L)]\} \quad \dots\dots\dots (\text{G.1})$$

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

$$L = D \cdot [83.57 - 81.99 \cdot \exp(-1.64 \cdot p_L)] \quad \dots\dots\dots (\text{G.2})$$

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

$$L = D \cdot [63.76 - 62.42 \cdot \exp(-1.484 \cdot p_L)] \quad \dots\dots\dots (\text{G.3})$$

式中:

L ——爆炸在无障碍管道中的传播距离,该距离处的爆炸压力为 p_L ,单位为米(m);

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

p_L ——爆炸传播距离 L 处的局部压力,单位为兆帕(MPa)。

附录 H
(资料性)
斗式提升机爆炸泄压设计

H.1 强度未知的斗式提升机爆炸泄压设计

强度未知的斗式提升机宜按以下要求进行泄压设计。

- a) 在头部的顶面或侧面设置爆炸泄压装置。
- b) 在底部设置泄压装置。
- c) 设置在头部和底部的泄压装置,满足以下条件之一:
 - 单位体积的有效泄压面积不宜低于 $0.05\text{ m}^2/\text{m}^3$;
 - 宜设置尽可能大的有效泄压面积。
- d) 腿部长度不低于 12 m 的,在腿部侧面每隔 12 m 至少设置 1 个泄压装置,且其有效泄压面积不小于箱体截面积。
- e) 泄压装置的静开启压力不大于 0.01 MPa。

H.2 双腿方筒斗式提升机

H.2.1 处理爆炸指数 $K_{st} < 10\text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 的粉尘的斗式提升机,如其耐压强度大于 0.1 MPa,则无论其长度如何,可不采用泄压设计。

H.2.2 处理爆炸指数 $K_{st} \geq 10\text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 的粉尘的斗式提升机,如其最低耐压强度 p_{min} 和粉尘爆炸指数 K_{st} 符合图 H.1 的条件,则需按表 H.1 的要求进行泄压设计。

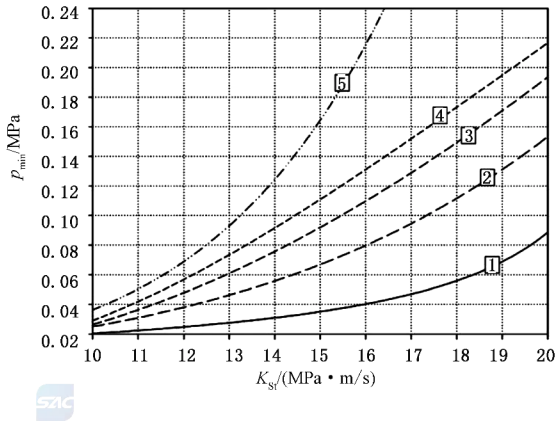


图 H.1 斗式提升机耐压强度与粉尘爆炸指数的关系

表 H.1 斗式提升机爆炸泄压设计要求

图 H.1 中曲线编号	泄压位置
1	头部+底部+箱体(最大间隔 3 m)
2	头部+底部+箱体(最大间隔 6 m)

表 H.1 斗式提升机爆炸泄压设计要求（续）

图 H.1 中曲线编号	泄压位置
3	头部+箱体(最大间隔 3 m)
4	头部+箱体(最大间隔 6 m)
5	长度大于 12 m 的:头部+箱体(最大间隔 12 m); 长度小于 12 m 的:头部

H.2.3 图 H.1 中 5 条曲线的表达式如式(H.1)所示：

$$10 \cdot p_{\min} = \exp[a \times (10 \times K_{\text{St}})^c + b] \dots\dots\dots (\text{H.1})$$

式中参数按表 H.2 选取。

表 H.2 式(H.1)中的参数

序号	a	b	c
1	3.292×10^{-6}	-1.957	2.5
2	0.438	-5.761	0.5
3	-67.98	5.467	-0.5
4	-401.6	2.78	-1
5	0.673	-7.74	0.5

H.2.4 表 H.1 需符合如下应用条件：

- a) 点火源仅位于提升机内部(连接设备不会引入爆炸)；
- b) 有机粉尘；
- c) 横截面为矩形；
- d) 横截面未占据的空间 $\leq 60\%$ ；
- e) 金属料斗；
- f) 粉尘爆炸指数 $K_{\text{St}} \leq 15 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 的料斗间距 $\leq 280 \text{ mm}$ ；
- g) 粉尘爆炸指数 $K_{\text{St}} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 的料斗间距 $\leq 140 \text{ mm}$ ；
- h) 每个泄压位置的有效泄压面积不小于横截面积；
- i) 静开启压力 $p_{\text{stat}} \leq 0.01 \text{ MPa}$ ；
- j) 粉尘最大爆炸压力 $p_{\text{max}} \leq 1 \text{ MPa}$ ；
- k) 粉尘爆炸指数 $K_{\text{St}} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 。

H.2.5 因为塑料材质的料斗吸热性能不如金属,所以采用塑料料斗的提升机强度需根据表 H.3 的要求进行修正。



表 H.3 采用塑料料斗的提升机最低强度修正

粉尘爆炸指数(K_{St}) MPa·m/s	斗式提升机最低强度提升率 %
$K_{St} < 10$	20
$10 \leq K_{St} \leq 15$	35
$15 < K_{St} \leq 20$	50

H.2.6 根据表 H.1,应用条件符合以下要求的设计举例如下:

- a) 泄压面积 $\geq$ 提升机横截面积;
- b) 静开启压力 $p_{stat} \leq 0.01$ MPa;
- c) 泄压效率 $E_F = 1$;
- d) 提升机双腿之间无空气平衡口;
- e) 提升机底部的泄压装置如图 H.2 所示位于双腿之间,或位于底部侧面。如受限于安装空间,底部的泄压装置可直接安装在靠近底部的双腿上(提升机底部和泄压装置下沿的最大间距为 0.3 m)。

示例 1: [如图 H.2 a)所示]:

- a) 粉尘爆炸指数 $K_{St} \leq 15$ MPa·m/s;
- b) 泄压装置位置:提升机头部和双腿,最大间距为 12 m(从提升机底部上沿开始计算);
- c) 最低耐压强度 $p_{min} = 0.17$ MPa;
- d) 如采用塑料材质的料斗,则最低耐压强度 $p_{min} = 0.17 \times 1.35 = 0.23$ MPa。

示例 2: [如图 H.2 b)所示]:

- a) 粉尘爆炸指数 $K_{St} \leq 15$ MPa·m/s;
- b) 泄压装置位置:提升机头部、底部及双腿,最大间距为 6 m(从提升机底部上沿开始计算);
- c) 最低耐压强度 $p_{min} = 0.07$ MPa;
- d) 如采用塑料材质的料斗,则最低耐压强度 $p_{min} = 0.07 \times 1.35 = 0.10$ MPa。

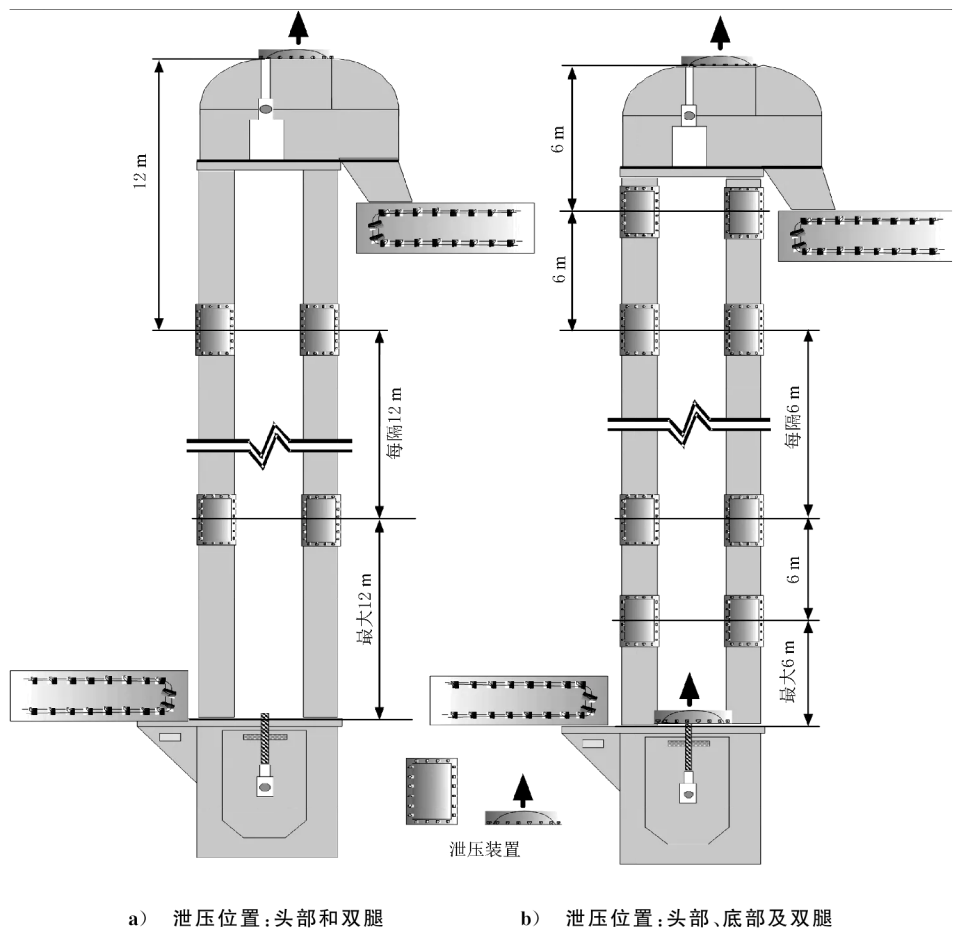


图 H.2 斗式提升机爆炸泄压设计举例

H.3 双腿圆筒斗式提升机

双腿圆筒斗式提升机的整体耐爆强度需至少为双腿方筒斗式提升机的 2 倍。



参 考 文 献

- [1] 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
 - [2] EN 14491: 2012 Dust explosion venting protective systems
 - [3] EN 14797: 2006 Explosion venting devices
 - [4] EN 16009: 2011 Flameless explosion venting devices
 - [5] NFPA 61: 2020 Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities
 - [6] NFPA 654: 2020 Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids
 - [7] NFPA 68: 2023 Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting
 - [8] VDI 2263 part 8.1: 2011 Dust fires and dust explosions—Hazards-assessment-protective measures—Fire and explosion protection on elevators—Examples
-