



中华人民共和国国家标准

GB/T 24626—2025

代替 GB/T 24626—2009

耐 爆 炸 设 备

Explosion resistant equipment

2025-10-31 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 耐爆炸设备总体要求 2

 4.1 通则 2

 4.2 设计压力 3

 4.3 设计温度 3

 4.4 附加载荷 3

 4.5 壁厚容差 3

5 耐爆炸压力设备 3

6 耐爆炸压力冲击设备 3

 6.1 通则 3

 6.2 设计程序 3

 6.3 耐爆炸压力冲击设计材料 4

 6.4 耐爆炸压力冲击设计 4

 6.5 耐爆炸压力冲击设计质量试验程序 7

 6.6 耐爆炸压力冲击设备的设计和试验文件 8

7 耐爆炸设备的质量文件 9

 7.1 压力容器 9

 7.2 尺寸 9

 7.3 材料 9

 7.4 焊接 9

 7.5 报告 10

8 使用信息 10

 8.1 标志 10

 8.2 随机文件 10

附录 A (资料性) 单个容器设计压力的计算 11

附录 B (资料性) 管道及互通容器中的爆炸 12

 B.1 通则 12

 B.2 最大爆炸压力设计 12

 B.3 泄压和抑制 12

B.4 管道中的爆炸 12

B.5 使用数值模型估算设计压力 13

附录 C (资料性) 使用有限元分析(FEA)进行耐爆炸压力冲击设备设计 14

C.1 软件 14

C.2 验证 14

附录 D (资料性) 限制应力集中的示例 15

参考文献 17



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 24626—2009《耐爆炸设备》，与 GB/T 24626—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了耐爆炸压力冲击设备的设计程序(见 6.2)；
- 增加了耐爆炸压力冲击设计材料的要求(见 6.3)；
- 更改了耐爆炸压力冲击设计的要求(见 6.4.2, 2009 年版的 6.2)；
- 增加了螺栓连接结构的特殊要求(见 6.4.4)；
- 增加了爆炸压力冲击设计质量试验程序(见 6.5)；
- 增加了耐压力冲击设备的设计和试验文件要求(见 6.6)。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本文件起草单位：南阳防爆电气研究所有限公司、武汉理工大学、中煤科工集团沈阳研究院有限公司、上海煤科检测技术有限公司、华荣科技股份有限公司、中国石化工程建设有限公司、南阳中天防爆电气股份有限公司。

本文件主要起草人：王军、刘庆华、张红奎、陈先锋、周京、李斌、王巧立、马秋菊、黄楚原、张刚、林森、张鹏、王英英、朱广辉、郭飞。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2009 年首次发布为 GB/T 24626—2009；
- 本次为第一次修订。

引 言

完整的爆炸安全原理包括制造商所需要采取的下列措施：

- a) 防止形成爆炸性环境；
- b) 防止点燃爆炸性环境；
- c) 如果仍然发生爆炸，立即停止和/或将爆炸火焰及爆炸压力的范围限制在足够安全的水平。

如果设备的点燃危险评定表明，不能满足设备保护级别的要求，则需要采取上述 c) 的方法，本文件规定的耐爆炸设备是其中的一种方法。耐爆炸是应用于外壳结构的术语，说明其能承受预期爆炸压力而不破裂。术语“耐爆炸”可用于设备、元件和防护系统。



耐 爆 炸 设 备

1 范围

本文件规定了耐爆炸设备总体要求、耐爆炸压力设备要求、耐爆炸压力冲击设备要求,以及质量文件和使用信息的要求。

本文件适用于爆炸被视为异常载荷工况,可能发生爆燃,由金属材料提供耐爆炸性能的设备和设备组合。

本文件适用的大气条件为:压力范围为 80 kPa~110 kPa,温度范围为-20 ℃~+60 ℃。

注:本文件对上述有效范围之外的环境使用的设备的设计、制造、试验和标志也有帮助,前提是这样的设备没有对应的标准要求。

本文件不适用于可能发生爆轰的设备和设备组合、按照隔爆外壳设计的设备,以及海上设施。

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/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法

GB/T 2900.35 电工术语 爆炸性环境

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 18253—2018 钢及钢产品 检验文件的类型

3 术语和定义

GB/T 2900.35 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

爆炸 explosion

导致温度升高和/或压力增大的剧烈氧化反应或分解反应。

注:这里的“爆炸”主要指“化学爆炸”。

3.2

爆燃 deflagration

以亚音速传播的爆炸。



3.3

爆轰 detonation

以超音速传播并具有冲击波特性的爆炸。

3.4

耐爆炸 explosion resistant

容器和设备设计能够耐爆炸压力或耐爆炸压力冲击的特性。

注:耐爆炸设备具有该特性。

3.5

耐爆炸压力 explosion pressure resistant

容器和设备设计能够承受预期的爆炸压力且不会发生永久变形的特性。

注：耐爆炸压力设备具有该特性。

3.6

耐爆炸压力冲击 explosion pressure shock resistant

容器和设备设计能够承受预期的爆炸压力且无破裂、但允许有永久变形的特性。

注：耐爆炸压力冲击设备具有该特性。

3.7

最大爆炸压力 maximum explosion pressure

p_{\max}

在规定的试验条件下,密闭容器内特定爆炸性环境爆炸过程中产生的最大压力。

3.8

最大允许爆炸压力 maximum allowable explosion pressure

p_{exmax}

计算得出的,设备能够承受的最大爆炸压力。

3.9

减压的爆炸压力 reduced explosion pressure

p_{red}

采用泄爆或抑爆方法保护的外壳内爆炸性环境爆炸产生的压力。

3.10

螺栓连接结构 bolted structure

具有螺栓连接且其设计未包含在现行标准中的结构。

注：螺栓连接结构与可能根据工程标准设计的法兰连接结构不同。本文件意义上的螺栓连接结构示例为矩形法兰、用螺栓将金属板固定到钢架或重叠板结构。

4 耐爆炸设备总体要求

4.1 通则

耐爆炸设备能够承受内部爆炸,并且不会对周围环境产生危险影响。对周围环境影响的可容忍程度取决于设备的预期用途。在任何情况下,飞溅物形成或设备部件(如垫圈)的破裂都应视为危险影响。

耐爆炸设备分为耐爆炸压力设备和耐爆炸压力冲击设备(见图 1)。

通常,需要区分以下设计:

- 针对承受最大爆炸压力的设计;
- 结合泄爆或抑爆措施针对减压的爆炸压力的设计。

根据要求,系统的部件可以采用耐爆炸压力设计,也可以采用耐爆炸压力冲击设计。



图 1 耐爆炸设备

4.2 设计压力

在承受爆炸或减压的爆炸条件下,设计压力应不小于设备内部出现的最大测量压力(表压)。

注 1: 如果设备内部分为几个部分(例如由管道连接的容器、存在隔板或防冲板),在其中一部分发生的初始爆炸会引起设备其他部分内的压力增大。因此,这些部分会在升高的初始压力或更强程度的湍流下发生爆炸。爆炸压力比预期在大气条件下产生的峰值高。对这种结构需要采取适当措施,可能采用爆炸隔离技术,或者采用通过有代表性的爆炸试验或经验证的爆炸模型获得的耐爆炸设计。

注 2: 无其他说明时,引用的压力是测量压力(表压)。

注 3: 如果在高于大气压力的压力下引发爆炸,则最大爆炸压力将与初始压力成比例上升。

单个容器设计压力的计算见附录 A,管道及互通容器中的爆炸见附录 B。

4.3 设计温度

爆炸时容器壁通常不会明显受热,因此初始压力下的预期运行温度(最低和最高)应作为设计温度使用。

宜考虑放热反应(例如随后的火灾)导致的气体温度升高对垫圈和螺栓的影响。根据设备的尺寸,完全封闭的轻金属粉尘爆炸可能会导致壁温升高,宜对此进行评定。

4.4 附加载荷

由泄压装置启动、产品载荷和/或流体静力载荷造成的附加载荷需要予以考虑。另外,在爆炸的同时可能产生的任何其他载荷,例如由风、雪引起的附加载荷,也需要予以考虑。

如果耐爆炸压力冲击设备和元件采用脆性材料,在组装过程注意避免应力过大或不均。

4.5 壁厚容差

腐蚀和/或侵蚀容差应按照预期用途执行,在进行设计计算之前,在设计壁厚中考虑。

5 耐爆炸压力设备

耐爆炸压力设备应能承受预期的爆炸压力而不产生永久变形,且不会对周围环境产生危险影响。耐爆炸设备的设计和计算方法见 EN 13445-1、EN 13445-2、EN 13445-3、EN 13445-4、EN 13445-5、EN 13445-6。计算压力时,应以最大爆炸压力或减压的爆炸压力为基础。

6 耐爆炸压力冲击设备

6.1 通则

耐爆炸压力冲击设备应能承受预期的爆炸压力且无破裂,如果设备不会对周围环境产生危险影响,则允许永久变形。

6.2 设计程序

耐爆炸压力冲击设计程序如下:

- 定义几何形状;
- 定义设计压力、设计温度和设计载荷(见 4.2、4.3、4.4);
- 选择材料(见 6.3);

- 采纳材料特性定义安全系数(见 6.4.2.1)；
- 按照工程标准或有限元分析方法进行计算,或通过试验证明设计。

6.3 耐爆炸压力冲击设计材料

6.3.1 通则

材料的屈服应力和断裂应力可从工程表中获得。或者,按照 GB/T 18253—2018 中 5.1 的材料检验值可用于规定允许设计应力。材料证书也可用于对材料的延展性进行分类。

根据所选值,质量文件需要材料证书(见第 7 章)。

衬垫或密封件的材料应能承受爆炸压力和爆炸期间火焰的冲击。这包括避免机械力以及火焰和热气体的热冲击而导致的失效。应防止对周围环境造成危险影响。

6.3.2 延展性材料

对于耐爆炸压力冲击设计,仅应使用满足设计和设备预期用途的机械、热和化学要求的材料。材料的最低要求应在预期用途的整个温度范围内有效。应特别注意低温下的脆性。

本文件意义上的延展性材料包括符合以下条件的材料。

a) 钢(铁素体或奥氏体)和球墨铸铁,具有:

- 1) 断裂伸长率 $A_5 \geq 14\%$, 试验温度为 20 °C;
注 1: 关于 A_5 的更多信息见 GB/T 228.1。
- 2) 缺口冲击能量 ≥ 27 J, ISO V 型缺口。
试验温度不应高于最低预期运行温度,且不应超过 20 °C。
注 2: 关于 ISO V 型缺口的更多信息见 GB/T 229。

术语“钢”包括铁素体、奥氏体和铸钢。这些材料的材料性能应根据给定的延展性准则评定。

b) 铝,具有:

- 1) 断裂伸长率 $A_5 \geq 20\%$, 试验温度为 20 °C;
- 2) 缺口冲击能量不相关。

6.3.3 脆性材料

对于不符合 6.3.2 的材料,应使用 6.4.2.1 中的脆性材料设计应力。

注: 典型的脆性材料为灰铸铁、铸铝 ZAlMg5 和 ZAlSiMg。

对于试验,脆性材料可分为两组:

- 高缺口冲击能量的材料: 缺口冲击能量最小为 14 J 的材料(三次试验的平均值), 单个值不应小于 11 J;
- 低缺口冲击能量的材料: 不符合缺口冲击能量准则的材料。

6.4 耐爆炸压力冲击设计

6.4.1 通则

耐爆炸压力冲击设备应设计成能承受最大爆炸压力或减压的爆炸压力且不破裂,但允许有永久变形[见 8.2i)]。

耐爆炸压力冲击设备应按照以下要求设计或试验:

- a) 设计按照 6.4.2, 质量试验按照 6.5, 质量文件按照第 7 章;
- b) 压力或爆炸试验作为型式试验按照 6.4.3, 质量试验按照 6.5, 质量文件按照第 7 章。

6.4.2 设计

6.4.2.1 允许应力

可通过工程规则或有限元分析(FEA)方法进行验证。

注：使用有限元分析进行耐爆炸压力冲击设备设计的信息见附录 C。

不应使用可能导致裂缝的具体设计特征。因此要求限制应力集中(示例见附录 D)。

如果按照技术标准(薄膜或二维应力)进行设计,则允许应力如下:

——韧性铁素体材料: $f_{df} = R_{p0.2, \theta} / 1$

——韧性奥氏体材料: $f_{da} = R_{2\%, \theta} / 1$

——脆性材料(见 6.3.3): $f_{br} = R_{m, \theta} / (1 + Z/100)$

如果按照有限元分析方法(三维应力)进行设计,则允许应力如下:

——韧性铁素体材料: $f_{df} = 1.5 \times R_{p0.2, \theta} / 1$

——韧性奥氏体材料: $f_{da} = 1.5 \times R_{2\%, \theta} / 1$

——脆性材料(见 6.3.3): $f_{br} = R_{m, \theta} / (1 + Z/100)$

如果奥氏体材料的 $R_{2\%}$ 未知,可使用 $R_{1\%} \times (1 + 10\%)$ 。

变量含义如下:

θ ——设计温度;

f_{df} ——韧性铁素体材料允许应力;

f_{da} ——韧性奥氏体材料允许应力;

f_{br} ——脆性材料允许应力;

$R_{p0.2, \theta}$ ——设计温度 θ 下的屈服强度;

$R_{2\%}$ 或 $R_{1\%}$ ——2%或1%应变极限;

$R_{2\%, \theta}$ ——设计温度 θ 下的2%应变极限;

$R_{m, \theta}$ ——设计温度 θ 下最大拉应力;

Z ——断裂前的颈缩。

最大允许应力不应超过材料的断裂应力。

如果计算方法按照 6.4.3.2 或 6.4.3.3 通过试验验证,则可使用其他允许应力。在这种情况下,需要考虑单独试验的试验要求。

6.4.2.2 焊缝系数

如果设备按照 6.5.1(压力试验)的例行试验,则可采用 1.0 的焊缝系数。

如果设备按照 6.5.2(省略压力试验)的例行试验代替程序,则可采用 GB/T 150(所有部分)规定的焊缝系数。

6.4.2.3 法兰

应对装配(密封垫的初始形变)和对爆炸压力产生的负载进行计算,应能承受预期的爆炸压力。

依据 GB/T 9124.1 制造的管道法兰可用于耐爆炸压力冲击设备。

6.4.3 型式试验

6.4.3.1 通则

作为 6.4.2 中规定的设计的替代方案,可以通过静水压或气压试验或爆炸试验证明耐爆炸压力冲击性。

型式试验中可出现永久变形,但不应导致破裂和危险影响。

对于设备的重要部件,材料证书应符合 GB/T 18253—2018 中 5.1 的规定。

考虑用于型式试验的材料屈服强度 $R_{p0.2,t}$ (材料证书中给出的) 和用于设备后期生产的材料屈服强度 $R_{p0.2,p}$ (例如最低标准化性能) 之比。试验压力应相应增加。

设备应按公式(1)确定的压力进行试验, F 可选用表 1 中的任一值。

$$p_t = F \times \frac{R_{p0.2,20\text{ }^{\circ}\text{C}}}{R_{p0.2,\theta}} \times p \times \frac{R_{p0.2,t}}{R_{p0.2,p}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

θ ——设计温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

p_t ——试验压力,单位为千帕(kPa);

F ——表 1 中确定的压力和爆炸试验系数;

$R_{p0.2,20\text{ }^{\circ}\text{C}}$ ——20 $^{\circ}\text{C}$ 下的屈服强度,单位为牛顿每平方米(N/mm^2);

$R_{p0.2,\theta}$ ——设计温度 θ 下的屈服强度,单位为牛顿每平方米(N/mm^2);

p ——设计压力,单位为千帕(kPa);

$R_{p0.2,t}$ ——用于型式试验的材料屈服强度,单位为牛顿每平方米(N/mm^2);

$R_{p0.2,p}$ ——用于设备后期生产的材料屈服强度,单位为牛顿每平方米(N/mm^2)。

上述屈服强度取材料证书中给出的值。

除非试验温度和设计温度的差值对于钢超过 100 K,或对于铝超过 50 K,否则 $R_{p0.2,20\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 与 $R_{p0.2,\theta}$ 的比值可认为是 1。

如果采用爆炸试验,则达到的爆炸压力应至少等于规定的试验压力。

6.4.3.2 压力试验

对耐爆炸压力冲击设备的压力试验,应在通过公式(1)计算的试验压力下进行不少于 3 min,系数按表 1 规定。试验报告中应给出试验温度和试验压力。

6.4.3.3 爆炸试验

应用设备拟用于的爆炸性环境,或具有类似安全特性(最大爆炸压力、爆炸压力最大上升速率)但初始压力按系数 p_t/p [见公式(1)] 增强的试验混合物进行爆炸试验。应使用安装在设备上的适当系统记录爆炸压力。产生的最大爆炸压力应至少达到用公式(1)和表 1 中的系数 F 计算的值。报告中应给出使用的试验混合物、试验温度、压力记录及最大爆炸压力。

表 1 符合公式(1)的压力和爆炸试验系数值 F

材料	F
符合 6.3.2 的延展性材料	1.1
符合 6.3.3 的具有高缺口冲击能量的脆性材料	1.3
符合 6.3.3 的具有低缺口冲击能量的脆性材料	2.0

6.4.4 螺栓连接结构的特殊要求

由螺栓连接结构组成的耐爆炸压力冲击设备应能承受爆炸压力(无论是否发生永久变形),且不应对外部环境产生危险影响。在爆炸期间,火焰喷射,以及压力、热气体/粉尘通过结构构件与外部环境之间的间隙过量排放(可容忍程度取决于设备的预期用途)应视为危险影响。设计和试验程序(包括螺栓

连接结构的试验准则)应解决这一点。

设计用于防止危险影响的衬垫或密封件应作为设计程序、型式试验和例行试验的一部分。

如果螺栓连接结构仅通过有限元分析进行设计,且未包含在其他技术标准中,则变形后果的评定应基于具有几何相似性的原型的试验验证。

6.5 耐爆炸压力冲击设计质量试验程序

6.5.1 标准程序(例行试验)

应提供所进行的无损检测和/或压力试验的文件证据。

所有耐爆炸压力冲击设备按照公式(2)确定的压力进行试验, F 使用表 2 中的相应值。

试验压力由下式确定:

$$p_t = F \times \frac{R_{p0.2,20\text{ }^{\circ}\text{C}}}{R_{p0.2,\theta}} \times p \dots\dots\dots(2)$$

- 式中:
- θ ——设计温度,单位为摄氏度(℃);
 - p_t ——试验压力,单位为千帕(kPa);
 - F ——表 2 中确定的系数;
 - $R_{p0.2,20\text{ }^{\circ}\text{C}}$ ——20 ℃下的屈服强度,单位为牛顿每平方毫米(N/mm²);
 - $R_{p0.2,\theta}$ ——设计温度 θ 下的屈服强度,单位为牛顿每平方毫米(N/mm²);
 - p ——设计压力,单位为千帕(kPa)。

上述屈服强度取符合 GB/T 228.1 的最低保证值。

除非试验温度和设计温度的差值对于钢超过 100 K,或对于铝超过 50 K,否则 $R_{p0.2,20\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 与 $R_{p0.2,\theta}$ 的比值可认为是 1。

试验压力应至少施加 3 min,试验期间不应出现永久变形。

试验报告中应给出试验温度和试验压力。

例行试验中不应出现永久变形。

表 2 符合公式(2)的系数值 F

材料	F
符合 6.3.2 的延展性材料	$R_{p0.2}/R_m \times 1.1$
符合 6.3.3 的具有高缺口冲击能量的脆性材料	$R_{p0.2}/R_m \times 1.2$
符合 6.3.3 的具有低缺口冲击能量的脆性材料	$R_{p0.2}/R_m \times 2$

6.5.2 例行试验的替代程序

6.5.2.1 通则

在某些情况下,由于技术和/或安全原因,无法按照 6.5.1 中的标准程序进行。可能的原因是:

- 设备结构上过大的液压载荷妨碍了液压试验(由于水的重量导致结构失效的风险);
- 在例行试验期间,设备发生永久变形,或在气压试验中存在设备破裂的风险。

文件应说明省略标准程序的原因。

在这些情况下,可以使用以下程序。对于给定结构类型的任何组合,应使用所有单独的程序。

6.5.2.2 焊接结构

设备质量应通过以下方式证明：

- 符合 GB/T 18253—2018 中 5.1 的材料证书；
- 焊接无损检测。

检测人员的资格应符合 GB/T 9445。

所有焊缝都应在两侧进行目视检测(见 GB/T 20967)。所有焊缝总长的至少 5% 进行无损检测：

- 壁厚小于 12 mm 进行表面检测,例如渗透检测(见 GB/T 18851.1)、磁粉检测(见 GB/T 15822.2)；
- 如适用,壁厚大于或等于 12 mm 进行体积检测,例如超声波检测(见 GB/T 11345)、X 射线检测(见 GB/T 19943),否则进行表面检测。

注 1: 关于无损检测的行业标准见 NB/T 47013(所有部分)等。

注 2: 焊缝缺陷的风险由焊缝系数补偿(见 6.4.2.2)。


6.5.2.3 螺栓连接结构

设备质量应通过以下方式进行证明：

- 符合 GB/T 18253—2018 中 5.1 的材料证书；
- 所用螺栓清单,包括每种螺栓类型和尺寸的质量特性或适用的标准；
- 装配过程中施加的扭矩；
- 密封(粘结)材料技术条件和使用方法；
- 对照设计图纸检查螺栓和螺栓间距尺寸。

6.5.2.4 铸造材料

设备质量应通过以下方式进行证明：

- ——供应商质量控制(例如初始样品控制)、定期试验检查(随机抽样)；
- 符合 GB/T 18253—2018 中 5.1 的材料证书；
- 型式试验样品的安全裕度,以补偿生产偏差(例如铸造过程中的砂心移动)。

注: 安全裕度可能是几何裕度,也可能是型式试验增加的试验压力。

这需要定量了解可能的生产偏差。

6.6 耐爆炸压力冲击设备的设计和试验文件

6.6.1 有限元法设计文件

对于使用有限元分析方法进行设计,应报告以下内容：

- a) 软件和发布信息(包括求解器)；
- b) 型号说明：
 - 1) 几何结构,包括相关细节(图纸和几何数据),
 - 2) 边界条件,
 - 3) 载荷,
 - 4) 模型约束；
- c) 允许应力的推导；
- d) 计算结果图显示：
 - 1) 数字网格概述,强调相关几何细节,
 - 2) 应力(例如表面应力分布、恒定应力线、箭头图),
 - 3) 变形；

- e) 结果与允许应力的比较;
- f) 总结和结论。

6.6.2 工程标准设计文件

对于使用工程标准进行设计,应报告以下内容:

- a) 适用技术规则的信息(例如标准);
- b) 方法描述:
 - 1) 几何结构,包括相关细节(图纸和几何数据),
 - 2) 边界条件,
 - 3) 载荷;
- c) 允许应力的推导;
- d) 结果与允许应力的比较;
- e) 总结和结论。

6.6.3 试验文件

试验应记录如下:

- a) 试验设备说明(图纸和几何数据);
- b) 试验中所用设备的材料证书(见 GB/T 18253—2018 中 5.1);
- c) 试验压力的推导(见 6.4.3.1);
- d) 试验结果:
 - 1) 试验期间的压力动态,
 - 2) 最大压力,
 - 3) 变形(例如照片),
 - 4) 爆破压力(如适用)。

注:试验报告中的设备涵盖包括如螺栓、夹具等配套部件在内的整个单元。

7 耐爆炸设备的质量文件

7.1 压力容器

符合 EN 13445-1、EN 13445-2、EN 13445-3、EN 13445-4、EN 13445-5、EN 13445-6 要求的设备,认为耐爆炸压力能达到相同的测量压力,耐爆炸冲击能力比测量压力高 50%,可以使用相同的文件。

7.2 尺寸

设备的所有尺寸均应符合设计图纸。

7.3 材料

如果使用工程表中的值,则不需要具体的材料文件。

否则,设备耐爆炸压力冲击部件的材料证书应符合 GB/T 18253—2018 中 5.1 的规定。

7.4 焊接

应提供文件证据,证明焊接程序和焊接人员的资质符合所采用的设计方法的要求。

注:更多信息见 GB/T 3836.21、GB/T 12467(所有部分)、NB/T 47014、NB/T 47015 等。

7.5 报告

进行的任何非破坏性试验和/或压力试验或爆炸试验都应提供试验报告。

8 使用信息

8.1 标志

所有耐爆炸设备都应在主体的可视位置上进行标志。标志应清晰、持久、耐化学腐蚀。

标志应包括：

- a) 制造商的名称和地址；
- b) 设备属于耐爆炸压力(ExPR)或耐爆炸压力冲击(ExPSR)的信息；
- c) 型号规格；
- d) 生产年份；
- e) 序列号；
- f) 最大运行压力和温度；
- g) 最大允许爆炸压力。

8.2 随机文件

制造商应至少提供下列书面说明：

- a) 设备上标志的信息；
- b) 所有具体的运行要求；
- c) 对磨损和腐蚀容差的要求；
- d) 设计或型式试验(6.4.2 和 6.4.3)的文件及耐爆炸压力；
- e) 符合第 7 章的质量检查文件；
- f) 对安装和维护程序及定期检查的详细说明，在设备可能发生磨损或腐蚀情况下需要定期检查；
- g) 螺栓连接结构扭矩的详细信息及正确安装衬垫或密封件所需的信息；
- h) 更换设计用于防止对周围环境造成危险影响的衬垫和密封件的时间间隔；
- i) 爆炸后采取的程序详细描述。

对于 i)，爆炸后采取的程序应至少包括以下步骤：

- 检查永久变形(测量)；
- 检查过高温度影响(例如变色)。

如果检查报告了永久变形和过高温度，则在证明耐爆炸性能仍然有效之前不应使用该设备。



附 录 A

(资料性)

单个容器设计压力的计算

设计压力 p 和设备的耐爆炸性能表示为表压。因此,它反映了预期的最大爆炸过压或降低的爆炸过压。

对于泄压或抑制系统,降低的爆炸过压源自防护系统的设计(见 EN 14491、EN 14994、GB/T 25445)。

如果容器设计用于承受最大爆炸压力,则其依据 EN 14034-1 或 EN 15967 确定。

在确定所需设计压力 p 时,仅当初始压力 p_v 小于 90 kPa 或大于 110 kPa(绝对压力)时,才考虑初始压力 p_v :

$$p = \frac{p_{\max 0} \times p_v}{p_0} - p_0 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- p ——设计压力,单位为千帕(kPa);
- p_0 ——大气压力,按照定义此处 $p_0 = 100 \text{ kPa}$;
- $p_{\max 0}$ ——初始压力为 p_0 时的最大爆炸压力(绝对压力);
- p_v ——实际初始压力, $p_v < 90 \text{ kPa}$ 或 $p_v > 110 \text{ kPa}$ (绝对压力)。

注: $p_{\max 0}$ 、 p_0 、 p_v 为绝对压力。

附 录 B

(资料性)

管道及互通容器中的爆炸

B.1 通则

压力重叠效应和火焰喷射点燃可能发生在互通容器中,在管道爆炸期间也可能发生显著的爆炸增强效应。在这些情况下,根据经验公式确定耐爆炸设备尺寸的适当设计压力严格受限于具体边界条件,例如设备的几何形状、设备正常运行期间的工艺条件和爆炸性环境的特性。

通常,通过采取适当的爆炸隔离措施(见 EN 15089、EN 16447 和 EN 16020),能够避免上述提及的压力重叠、火焰喷射点燃和由于连接容器或管道中的湍流产生的爆炸增强效应的影响。在所有其他情况下,能够通过爆炸试验、经验证的经验公式或经验证的数值模拟来确定爆炸压力。试验、经验或数值模型的边界条件需要能够代表设备的预期用途,相关可燃性混合物的爆炸特性、点燃前的初始工艺条件(工艺温度、工艺压力、初始物料浓度),由连接的容器组成的系统的几何形状以及爆炸传播过程中的湍流等。

在管道或互通容器中的火焰传播过程中,爆炸可能会引发爆轰。本文件(包括本附录中提及的经验或数值模型)不包括爆轰。宜单独检查爆燃/爆轰转变准则。

B.2 最大爆炸压力设计

对于互通容器,要求的耐爆炸性能宜考虑压力重叠的可能性。众所周知,爆炸压力取决于点燃前的压力。如果是互通容器,第一容器中的爆炸(可能在爆炸前处于大气压力下)可能会导致第二容器中的压力在火焰到达之前升高。因此,第二容器中的爆炸在被点燃时压力已经升高了,导致爆炸过压成比例升高,如公式(B.1)所示。

$$p_{\max, \text{secondary}} = \frac{p_{\max, \text{primary}} \times p_{0, \text{secondary}}}{p_{0, \text{primary}}} \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

$p_{0, \text{primary}}$ ——第一容器中点燃前的初始压力;

$p_{0, \text{secondary}}$ ——第二容器中点燃前的初始压力;

$p_{\max, \text{primary}}$ ——第一容器中点燃后的最大压力;

$p_{\max, \text{secondary}}$ ——第二容器中点燃后的最大压力。

压力重叠的影响尚未在文献中完全记录。因此,对于具体情况,只有基于经验公式的有限指南可用。

B.3 泄压和抑制

压力重叠和/或火焰喷射点燃也可能发生在互通容器中,这些容器可能通过采用 EN 14491 和 EN 14994 进行泄压保护,或通过采用 GB/T 25445 进行爆炸抑制。

由于保护设备免受二次爆炸的影响在技术上很难实现,因此可以通过爆炸隔离等方法来防止压力重叠效应。

B.4 管道中的爆炸

在管道中,压力产生取决于湍流产生引起的火焰加速度。关于泄爆见 EN 14491 和 EN 14994。

然而,如果发生弯曲和流向的其他急剧变化,则之前的径向力将被定向力取代,这需要对管道结构采取额外措施以避免管道破裂。这可能包括将管道适当固定到支撑结构上。

此外,如果管道中的平面(例如闸阀、翻板阀)可能发生反射,则管道中的压力可能会非常高。这种反射效应可能将结构上产生的压力增加到原来的 2 倍(爆燃)~8 倍(爆轰)。除非另有证明,否则建议使用爆炸隔离技术,以避免管道内湍流产生压力。如果在其预期用途内使用例如 EN 15089 和 EN 16020 规定的爆炸隔离系统,则能够实现这一点。

B.5 使用数值模型估算设计压力

特别是在无法通过经验公式或代表性爆炸试验确定最大预期爆炸压力的情况下,数值模拟方法(CFD—计算流体动力学)能够帮助估计耐爆炸设备所需的设计参数。需要就本附录总则中提及的所有因素对数值模型进行验证。需要提供验证示例以证明软件的能力和操作员的资格。可以通过将爆炸试验期间的爆炸测量结果与数值模型的结果进行比较来实现。

作为最低要求,数值模型需要能够捕捉爆燃爆炸期间发生的以下物理效应:

- 在静态混合物点燃的情况下:从层流到湍流和完全湍流的转变;
- 初始工艺条件(见 B.1);
- 几何诱导湍流的产生;
- 自然对流换热和强制对流传热,包括辐射;
- 爆炸性混合物的爆炸特性,以及燃料和氧化剂之间的化学反应;
- 湍流对反应过程的影响;
- 对于受泄压保护的装置,泄压装置的尺寸和位置对爆炸发展的影响,以及因此降低的爆炸压力;
- 泄压装置具有特定量级或特殊功能(弹簧启动阀、符合 EN 16009 的无焰泄压装置等),影响 EN 14797 规定的泄压效率时,因此降低的爆炸压力;
- 对于受爆炸抑制系统保护的装置,这些系统对爆炸发展的影响,以及因此降低的爆炸压力。

此外,模型还需要:

- 明确指出参数是否超过软件供应商设定的限值(例如是否满足收敛准则);
- 能够指示壁上最大压力的位置和压力分布。

附 录 C

(资料性)

使用有限元分析(FEA)进行耐爆炸压力冲击设备设计

C.1 软件

用于有限元分析应力分析的软件需要：

- a) 能够计算材料厚度上的弯曲应力；
- b) 能够计算壳体挠度；
- c) 明确指出参数是否超过软件供应商设定的限值(例如是否满足收敛准则)；
- d) 能够显示模型,且显示方式使网格化过程中元件之间的意外断开清晰可见；
- e) 能够指示最大应力的位置。

C.2 验证

需要提供验证示例以证明软件的能力和操作员资格。可以通过将应力和变形计算结果与下列之一进行比较来实现。

- a) 按照 6.3 进行爆炸试验后的变形。
- b) 测量以下一项或两项：
 - 1) 压力试验期间壳体中的应变(通过应变计)；
 - 2) 压力试验期间的位移。

附录 D
(资料性)
限制应力集中的示例

限制应力集中的示例如图 D.1～图 D.3 和表 D.1 所示。

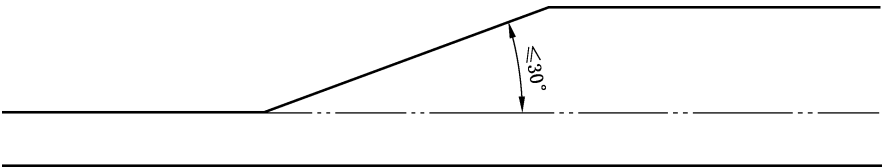


图 D.1 避免壁厚突然改变的示例

表 D.1 角焊加固的板或垫(不承受循环荷载)

措施	参数
焊接部位的壁厚不宜大于壳体的厚度。加固板和加固部件宜使用足够的高曲率半径切成角圆	$r \geq 2s_2$
注：r 为角圆曲率半径；s ₂ 为壳体厚度。	

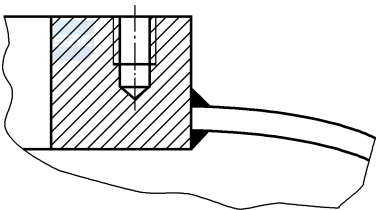
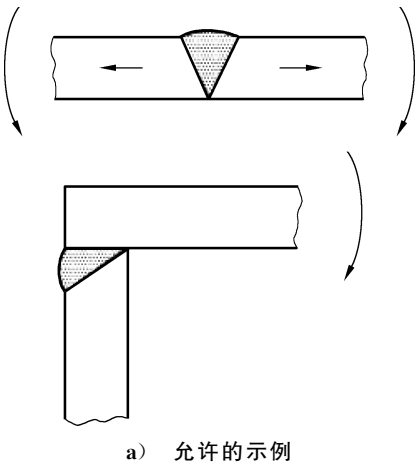


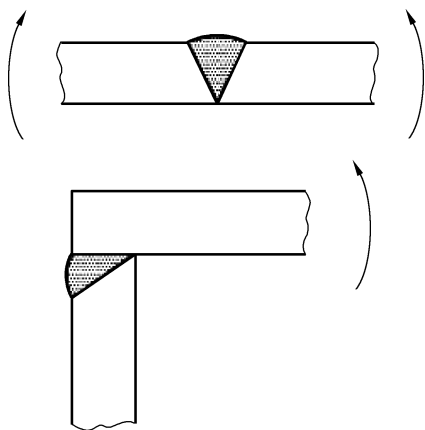
图 D.2 避免产生局部严重约束的细节

宜避免单面焊接。如果实现不了,在弯曲的情况下可允许正常的拉伸应力(薄膜应力)和压缩压力。如果弯曲时焊接基部出现拉伸应力,有必要把 6.4.2 中规定的安全系数提高 50%。



a) 允许的示例

图 D.3 典型的焊接示例



b) 不准许的示例(或在 6.4.2 规定安全系数提高 50%的情况下允许)

注：箭头表示应力方向。

图 D.3 典型的焊接示例 (续)



参 考 文 献

- [1] GB/T 150(所有部分) 压力容器
 - [2] GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
 - [3] GB/T 3836.21 爆炸性环境 第21部分:防爆产品生产质量管理体系的应用
 - [4] GB/T 9124.1 钢制管法兰 第1部分:PN系列
 - [5] GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
 - [6] GB/T 12467(所有部分) 金属材料熔焊质量要求
 - [7] GB/T 15822.2 无损检测 磁粉检测 第2部分:检测介质
 - [8] GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分:总则
 - [9] GB/T 19943 无损检测 金属材料 X 和伽玛射线 照相检测 基本规则
 - [10] GB/T 20967 无损检测 目视检测 总则
 - [11] GB/T 25445 抑制爆炸系统
 - [12] NB/T 47013(所有部分) 承压设备无损检测
 - [13] NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
 - [14] NB/T 47015 压力容器焊接规程
 - [15] EN 13445-1 Unfired pressure vessels—Part 1:General
 - [16] EN 13445-2 Unfired pressure vessels—Part 2:Materials
 - [17] EN 13445-3 Unfired pressure vessels—Part 3:Design
 - [18] EN 13445-4 Unfired pressure vessels—Part 4:Fabrication
 - [19] EN 13445-5 Unfired pressure vessels—Part 5:Inspection and testing
 - [20] EN 13445-6 Unfired pressure vessels—Part 6:Requirements for the design and fabrication of pressure vessels and pressure parts constructed from spheroidal graphite cast iron
 - [21] EN 14034-1 Determination of explosion characteristics of dust clouds—Part 1:Determination of the maximum explosion pressure p_{max} of dust clouds
 - [22] EN 14491 Dust explosion venting protective systems
 - [23] EN 14797 Explosion venting devices
 - [24] EN 14994 Gas explosion venting protective systems
 - [25] EN 15089 Explosion isolation systems
 - [26] EN 15967 Determination of maximum explosion pressure and the maximum rate of pressure rise of gases and vapours
 - [27] EN 16020 Explosion diverters
 - [28] EN 16009 Flameless explosion venting devices
 - [29] EN 16447 Explosion isolation flap valves
-