

中华人民共和国国家标准

GB/T 25285.1—2021

代替 GB 25285.1—2010

爆炸性环境 爆炸预防和防护 第 1 部分：基本原则和方法

Explosive atmospheres—Explosion prevention and protection—
Part 1: Basic concepts and methodology

2021-10-11 发布

2022-05-01 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 | 2 |
| 4 风险评定 | 5 |
| 4.1 通则 | 5 |
| 4.2 爆炸危险识别 | 6 |
| 4.3 点燃危险识别 | 7 |
| 4.4 估计爆炸可能产生的效应 | 8 |
| 5 可能点燃源 | 8 |
| 5.1 热表面 | 8 |
| 5.2 火焰和热气体(包括热颗粒) | 9 |
| 5.3 机械产生的冲击、摩擦和磨削 | 9 |
| 5.4 电气设备和元件 | 9 |
| 5.5 杂散电流、阴极防腐措施 | 10 |
| 5.6 静电 | 10 |
| 5.7 雷电 | 10 |
| 5.8 10^4 Hz~ 3×10^{11} Hz 射频(RF)电磁波 | 10 |
| 5.9 3×10^{11} Hz~ 3×10^{15} Hz 电磁波 | 11 |
| 5.10 电离辐射 | 11 |
| 5.11 超声波 | 11 |
| 5.12 绝热压缩和冲击波 | 11 |
| 5.13 放热反应(包括粉尘自燃) | 11 |
| 6 风险降低 | 12 |
| 6.1 基本原理 | 12 |
| 6.2 避免出现爆炸性环境或减少危险爆炸性环境的量 | 12 |
| 6.3 危险场所 | 15 |
| 6.4 设备、防护系统和元件避免有效点燃源的设计和制造要求 | 16 |
| 6.5 设备、防护系统和元件降低爆炸效应的的设计和制造要求 | 23 |
| 6.6 对紧急措施的规定 | 23 |
| 6.7 爆炸预防和防护用测量和控制系统的原则 | 23 |
| 7 使用信息 | 24 |
| 7.1 通则 | 24 |
| 7.2 试运行、维护和修理时防止爆炸的资料 | 24 |
| 7.3 资质和培训 | 25 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 附录 A (资料性) 设备密封性 | 26 |
| 附录 B (资料性) 设备保护级别(EPL)和分区之间的关系 | 28 |
| 附录 C (规范性) 爆炸性环境用工具 | 29 |
| 附录 D (规范性) 液体中超声波阈限值的验证程序 | 30 |
| 参考文献 | 32 |

库七七 www.kqqw.com 提供

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。

本文件是 GB/T 25285《爆炸性环境 爆炸预防和防护》的第 1 部分。GB/T 25285 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：基本原则和方法；
- 第 2 部分：矿山爆炸预防和防护的基本原则和方法。

本文件代替 GB 25285.1—2010《爆炸性环境 爆炸预防和防护 第 1 部分：基本原则和方法》，与 GB 25285.1—2010 相比，主要技术变化如下：

- 修改了风险评定(见第 4 章,2010 年版的第 4 章、第 5 章)；
- 增加了雷电防护措施的要求(见 6.4.8)；
- 修改了超声波设备的要求(见 6.4.12,2010 年版的 6.4.12)；
- 增加了设备、防护系统和元件降低爆炸效应可采取的措施(见 6.5)；
- 删除了耐爆炸设计、泄爆、抑爆、防止爆炸传播措施的具体内容(见 2010 年版的 6.5.2~6.5.5)；
- 增加了液体中超声波阈限值的验证程序(见附录 D)。

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、国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司、中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院、上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司、佳木斯防爆电机研究所有限公司、南通醋酸纤维有限公司、创正电气股份有限公司、卧龙电气南阳防爆集团股份有限公司。

本文件主要起草人：张刚、田中山、徐建平、王军、郎需庆、王维越、王巧立、廖远桓、张立新、喻宗富、杨文宇、王成硕。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

- GB 25285.1—2010。

引 言

GB/T 25285《爆炸性环境 爆炸预防和防护》目的是为爆炸的预防和防护确立基本的原则和方法，由于矿井与工厂爆炸性环境条件的差异，对爆炸预防和防护的措施和方法也有不同的要求，因此GB/T 25285 由两个部分构成。

- 第1部分：基本原则和方法。确立了除采矿工业外其他工业的爆炸预防和防护的一般原则和方法。
- 第2部分：矿山爆炸预防和防护的基本原则和方法。确立了采矿工业的爆炸预防和防护的原则和方法。

GB 25285 发布实施已十余年，这期间爆炸风险识别与评定、爆炸预防和防护技术/设备/系统有了一定的发展，因此需要对本文件的技术内容进行修订以适应上述发展。本次修订也对文件结构进行了一些调整完善。

使用本文件宜了解下述情况。

爆炸可能源自：

- 设备、防护系统和元件加工或应用的物质或材料；
- 设备、防护系统和元件释放的物质；
- 设备、防护系统和元件相邻的物质；
- 设备、防护系统和元件的制造材料。

由于设备、防护系统和元件的安全不仅取决于设备、防护系统和元件本身，也取决于处理的物质或材料及其用途，本文件涉及规定用途和可预见的误用有关的内容，即制造商在设备、防护系统和元件的设计和制造期间，宜考虑它们的用途及如何使用。只有采取这种方法，才能降低设备、防护系统和元件的固有危险。

注：设备、防护系统和元件的使用者，评定工作场所的爆炸风险及选择适当的设备、防护系统和元件时，本文件也能作为指南。

爆炸性环境 爆炸预防和防护

第 1 部分：基本原则和方法

1 范围

本文件规定了对可能导致爆炸的危险情况识别和评定的方法,以及与安全要求相适应的设计和结构措施,通过以下方面实现:

- 风险评定;
- 风险降低。

设备、防护系统和元件的安全,可通过消除危险和/或限定风险来实现,即采取下列方式:

- a) 适当的设计(无安全防护装置);
- b) 安全防护装置;
- c) 使用信息;
- d) 任何其他预防措施。

与 a)(预防)相应的防爆措施和与 b)(防护)相应的防爆措施在第 6 章中涉及。与 c)相应的防爆措施在第 7 章中涉及。与 d)相应的防爆措施在本文件中未涉及。它们在 GB/T 15706(在 GB/T 15706—2012 中为第 6 章)中涉及。

只有当设备、防护系统和元件在其预期使用的范围内运行,并且按照相应的操作规程或要求进行安装和维护时,本文件规定的预防和防护措施才能提供所要求的保护等级。

本文件规定了通用设计和制造方法,帮助设计人员和制造厂设计设备、防护系统和元件时实现防爆安全。

本文件适用于在大气条件下,任何拟用于爆炸性环境的设备、防护系统和元件。这些环境可能由设备、防护系统和元件处理、使用或释放的可燃性物质造成,或由设备、防护系统和元件周围的可燃性物质和/或设备、防护系统和元件的构成材料造成。

本文件适用于各个使用阶段的设备、防护系统和元件。

本文件适用于除煤矿用设备外的其他场所使用的 II 类和 III 类设备;对于煤矿井下区域用设备以及由瓦斯和/或可燃性煤粉引起危险的煤矿地面设施用设备要求,见 GB/T 25285.2。

本文件不适用于:

- 医学环境的医用设备;
- 完全是由爆炸物质或不稳定化学物质存在引起的爆炸危险场所使用的设备、防护系统和元件;
- 由物质与除大气中的氧气外的其他氧化剂反应产生的爆炸,或者由其他危险反应或非大气条件产生爆炸的场所的设备、防护系统和元件。

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 2900.35 电工术语 爆炸性环境用设备

GB/T 3836.15 爆炸性环境 第 15 部分:电气装置的设计、选型和安装

GB/T 3836.28 爆炸性环境 第28部分:爆炸性环境用非电气设备 基本方法和要求

GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

EN 15198 预期用于潜在爆炸性环境的非电气设备和元件风险评估方法(Methodology for the risk assessment of non-electrical equipment and components for intended use in potentially explosive atmospheres)

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

可燃性物质 flammable substance

当被点燃时,会与空气发生放热反应的气体、蒸气、液体、固体形式或这些形式的混合状态的物质。

3.2

元件 component

对设备和防护系统安全功能至关重要但无独立功能的器件。

3.3

爆燃 deflagration

以亚音速传播的爆炸。

3.4

爆轰 detonation

以超音速传播并具有冲击波特性的爆炸。

3.5

设备 equipment

单独或组合使用,用于能量的产生、传输、储存、测量、控制、转换和/或材料处理,而且由于自身的潜在点燃源能引起爆炸的机械、器械、固定式或移动式装置、控制单元、仪器及探测或预防系统。

3.6

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。

3.7

爆炸范围 explosion range

可燃性物质与空气混合能够引起爆炸的浓度范围。

3.8

爆炸极限 explosion limits

爆炸范围的限值。

3.9

爆炸下限 lower explosion limit;LEL

爆炸范围的下限值。

3.10

爆炸上限 upper explosion limit;UEL

爆炸范围的上限值。

3.11

爆炸温度点 explosion points

爆炸下限温度点和上限温度点。

3.12

爆炸下限温度点 lower explosion point

可燃性液体在空气中的饱和蒸气浓度等于爆炸下限时的温度。

3.13

爆炸上限温度点 upper explosion point

可燃性液体在空气中的饱和蒸气浓度等于爆炸上限时的温度。

3.14

耐爆炸 explosion-resistant

容器和设备设计能耐爆炸压力或耐爆炸压力冲击的特性。

3.15

耐爆炸压力 explosion-pressure-resistant

容器和设备设计能承受预期的爆炸压力而不发生永久变形的特性。

3.16

耐爆炸压力冲击 explosion-pressure-shock-resistant

容器和设备设计能承受预期的爆炸压力而无破裂,但允许有永久变形的特性。

3.17

爆炸性环境 explosive atmosphere

在大气条件下,气体、蒸气、薄雾或粉尘状的可燃性物质与空气形成的混合物点燃后,燃烧传播至整个未燃混合物的环境。

3.18

闪点 flash point

在规定的试验条件下,使液体释放出大量的蒸气而形成能被点燃的蒸气与空气混合物的最低液体温度。

3.19

危险爆炸性环境 hazardous explosive atmosphere

如果爆炸会造成危害的爆炸性环境。

3.20

杂混物 hybrid mixture

不同物理状态的可燃物质与空气的混合物。

3.21

惰化 inerting

添加惰性物质防止成为爆炸性环境的方法。

3.22

规定用途 intended use

按照 GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.28 规定的设备类别和设备保护级别(EPL)要求,并考虑制造商提供的设备、防护系统和元件安全运行所要求的全部资料来使用设备、防护系统和元件。

3.23

极限氧浓度 limiting oxygen concentration; LOC

在规定的试验条件下确定的,不会发生爆炸的可燃性物质、空气与惰性气体混合物的最高氧气浓度。

3.24

机械装置 machinery

用于特定用途、由零件或元件连接组成的装备,在控制和电源电路及适当的传动机构作用下至少有

一个部分运动,主要用于材料(“材料”相当于“物质”或“产品”)的加工、处理、运送或包装。

注:术语“机械装置”也包括为达到共同目的、要作为整体运行而安装和控制的机器组合。

3.25

故障 malfunction

设备、防护系统和元件不执行其预定功能的情况。

注:由于原因的多样性,对于本文件中涉及的故障原因,还包括:

- 加工材料、工件的性能或尺寸的改变;
- 设备、防护系统的一个(或多个)零部件或元件的失效;
- 外部干扰(例如冲击、振动、电磁场);
- 设计错误缺陷(例如软件出错);
- 电源或其他工作的干扰;
- 操作人员对设备失去控制(特别是手持式机器和移动式机器)。

3.26

最大试验安全间隙 maximum experimental safe gap; MESG

在规定的试验条件下,试验设备内设腔室里面各种浓度的被试气体或蒸气与空气的混合物点燃后,能够阻止火焰通过内设腔室两部分之间 25 mm 长接合面点燃外部气体混合物的接合面最大间隙。

注:最大试验安全间隙是相应气体混合物的特性(见 GB/T 2900.35)。

3.27

最大爆炸压力 maximum explosion pressure

p_{\max}

在规定的试验条件下,密闭容器内爆炸性环境爆炸过程中产生的最大压力。

3.28

爆炸压力最大上升速率 maximum rate of explosion pressure rise

$(dp/dt)_{\max}$

在规定的试验条件下,密闭容器内可燃性物质在爆炸范围内,所有爆炸性气体爆炸过程中,单位时间内压力上升的最大值。

3.29

最小点燃能量 minimum ignition energy; MIE

在规定的试验条件下,电容器的放电足以有效点燃最易点燃爆炸性环境时,电容器内存贮的最小电能。

3.30

爆炸性环境的最低点燃温度 minimum ignition temperature of an explosive atmosphere

在规定的试验条件下,可燃性气体或可燃性液体蒸气的最低点燃温度,或者粉尘云的最低点燃温度。

3.31

(可燃性气体或可燃性液体的)最低点燃温度 minimum ignition temperature (of a combustible gas or of a combustible liquid)

在规定的试验条件下,可燃性物质以气体或蒸气形式与空气形成的混合物被热表面点燃时,热表面的最低温度。

注:该术语可与“自燃温度”相互替换使用。

3.32

粉尘云的最低点燃温度 minimum ignition temperature of a dust cloud

在规定的试验条件下,最易点燃的粉尘、空气混合物在热表面上被点燃时,热表面的最低温度。

3.33

粉尘层的最低点燃温度 **minimum ignition temperature of a dust layer**

在规定的试验条件下,粉尘层在热表面上发生点燃时,热表面的最低温度。

3.34

正常运行 **normal operation**

设备、防护系统和元件在其设计参数范围内实现预期功能的运行状况。

注 1: 可燃性物质的少量释放可看作是正常运行。例如,靠泵输送液体时从密封口释放可看作是少量释放。

注 2: 故障(如泵的密封件、法兰垫片破损或因故障造成物质泄漏)包括紧急维修或停机都不能看作是正常运行。

3.35

潜在爆炸性环境 **potentially explosive atmosphere**

由于区域条件和工作条件可能形成爆炸的环境。

3.36

防护系统 **protective system**

能够立即停止刚发生的爆炸和/或限制爆炸火焰和爆炸压力的有效范围的设计单元。

注: 防护系统可能作为设备的一部分,也可能作为自主系统单独投放市场。

3.37

减压的爆炸压力 **reduced explosion pressure**

采用泄爆或抑爆方法保护的容器内爆炸性环境爆炸产生的压力。

3.38

堆积粉尘的自燃 **self-ignition of dust in bulk**

粉尘的氧化和/或分解产生热量的速率大于环境的散热速率引起的粉尘点燃。

3.39

正常密封性 **normal tightness**

当在正常运行期间适合于应用的任何密封性试验或密封性监测未发现任何危险泄漏时,无泄漏。

3.40

加强密封性 **enhanced tightness**

当由于设计和维护措施,在正常运行和预期故障期间适合于应用的任何密封性试验或密封性监测未发现任何危险泄漏时,无泄漏。

4 风险评定

4.1 通则

对非电气设备、元件、防护系统、装置及其组合,如果它们本身有潜在点燃源,并且预期用于爆炸性环境中,则应根据 GB/T 3836.28 进行风险评定。对其他情况,应根据 GB/T 15706 和/或 EN 15198 进行风险评定,除非有对情况更加适合的其他标准,考虑下列要素:

- a) 识别爆炸危险并确定危险爆炸性环境出现的可能性(见 4.2);
- b) 识别点燃危险并确定潜在点燃源出现的可能性(见 4.3);
- c) 估计点燃后爆炸的可能效应(见 4.4);
- d) 评价风险以及是否达到预期的保护等级;

注: 预期保护等级至少由法律要求和用户规定的附加要求(如有必要)来定义。

- e) 考虑降低风险的措施(见第 6 章)。

危险评定应采用综合评定方法,特别是对于复杂设备、防护系统和元件,构成独立单元的装置,尤其是扩展的装置。这种风险评定方法需要考虑下列因素产生的点燃和爆炸危险:

- 设备、防护系统和元件本身；
- 设备、防护系统和元件与其处理物质之间的相互作用；
- 在设备、防护系统和元件内部进行的具体工艺过程；
- 设备、防护系统和元件的周围环境及可能与相邻工艺过程的相互作用。

4.2 爆炸危险识别

4.2.1 通则

爆炸危险通常与设备、防护系统和元件所处理、使用或释放的材料和物质有关，也与制造设备、防护系统和元件的材料有关。其中一些释放的物质在空气中会经历燃烧过程。燃烧过程通常伴有大量的热释放，同时会产生压力及释放有害物质。与燃烧不同，爆炸基本上是反应区域（火焰）在危险爆炸性环境中的自行传播。一旦危险爆炸性环境被有效点燃源点燃，与之有关的潜在危险就释放出来。

4.2.2 和 4.2.3 中列出的安全特性描述了与安全有关的可燃性物质特性。材料特性和安全特性用于爆炸危险识别。

需要注意，这些安全特性不是常量，而是（例如）与测量采用的技术有关。而且对于粉尘来说，列出的安全数据仅作为推荐值，因为这些值与粉尘颗粒大小和形状、湿度及添加剂（甚至微量的浓度）有关。对于特定的应用，宜对设备中出现的粉尘试样进行试验，得出的数据用于危险识别。

4.2.2 燃烧特性

由于在这里不是用材料本身，而是用粉尘与空气的接触或混合说明潜在危险，因而应确定可燃性物质与空气混合物的特性。这些特性给出关于物质的燃烧特性和是否能够引起燃烧或爆炸的信息。相关数据有：

- 爆炸下限温度点（见 EN 15794），如果爆炸下限温度点不能获得，可由闪点（具有一定安全系数）代替；
 - 爆炸极限（LEL、UEL）（见 GB/T 16425 和 GB/T 12474）；
- 注：在 GB/T 3836.12 中，爆炸下限（LEL）和爆炸上限（UEL）分别命名为燃烧下限（LFL）和燃烧上限（UFL）。
- 极限氧浓度（LOC）（见 EN 14034-4 和 GB/T 38301）。

4.2.3 爆炸特性

爆炸性环境点燃后的特性应用下列数据描述：

- 最大爆炸压力（ p_{\max} ）（见 GB/T 16426、EN 14034-4 和 EN 15967）；
- 最大爆炸压力上升速率 $[(dp/dt)_{\max}]$ （见 GB/T 16426、EN 14491 和 EN 15967）；
- 最大试验安全间隙（MESG）（见 GB/T 3836.11）。

4.2.4 危险爆炸性环境出现的可能性

危险爆炸性环境出现的可能性取决于下列方面：

- 可燃性物质的存在；
- 可燃性物质（如气体、蒸气、薄雾、粉尘）的扩散程度；
- 可燃性物质在空气中的浓度在爆炸范围内；
- 点燃后足以造成伤害或破坏的爆炸性环境的量。

在评定危险爆炸性环境出现的可能性时，需要考虑现场存在的物质经化学反应、分解和生物过程可能形成的危险爆炸性环境。

如果无法估计危险爆炸性环境出现的可能性，则应假定这样的环境始终存在。

上述各方面具体如下。

a) 可燃性物质的存在

可燃性物质应被视为能形成危险爆炸性环境的材料,除非对其特性的调查表明,在与空气的混合物中,爆炸不能自行传播。在评定危险爆炸性环境出现的可能性时,需要考虑现场存在的物质经化学反应、分解和生物过程可能形成的危险爆炸性环境。

b) 可燃性物质的扩散程度

气体、蒸气和薄雾的本质特性决定了它们具有很高的扩散程度并足以形成危险爆炸性环境。对于粉尘,如果颗粒尺寸等于或小于 0.5 mm,则足以形成危险爆炸性环境。

注 1: 在现实中出现的大量薄雾、悬浮微粒和各类粉尘,其微粒尺寸均在 0.001 mm~0.1 mm 之间。

注 2: 可燃性飞絮是一种类型的粉尘(Ⅲ A 类,见 GB/T 3836.1),包括纤维(例如棉/碳/黄麻纤维),其一个尺寸大于 0.5 mm,可能与空气形成危险爆炸性环境。

应注意,即使杂混物中的每种可燃性物质均不在爆炸范围内,杂混物中也可能发生爆炸。

c) 可燃性物质的浓度

当散布在空气中的可燃性物质的浓度达到最低值(爆炸下限)时,爆炸是可能的。当浓度超过最大值(爆炸上限)时,爆炸将不会发生。

注 3: 有些物质化学性能不稳定,如乙炔和环氧乙烷,即使在缺乏氧气时也能发生放热反应,因此爆炸上限为 100%。

爆炸极限随温度和压力不同而变化。通常,爆炸上、下限间的范围随压力和温度的升高而变宽。在可燃性物质与氧气混合的情况下,其爆炸上限远高于空气混合物。

如果可燃性液体的表面温度高于爆炸下限温度点,则能够形成危险爆炸性环境(见 6.2.1.2)。

注 4: 在远低于爆炸下限温度点(LEP)的温度下,杂混物(如气溶胶和薄雾)可能成为爆炸性混合物。

与气体和蒸气相比较,粉尘的爆炸极限意义不同。粉尘云通常是不均匀的。由于粉尘在大气中的沉积和扩散、散落,粉尘的浓度波动较大,当存在可燃性粉尘沉积时,通常认为危险爆炸性环境可能形成。

d) 危险爆炸性环境的量

评定出现的爆炸性环境的量是否存在危险,决定于爆炸的可能效应(见 4.4)。

4.3 点燃危险识别

4.3.1 通则

首先,应确定哪些类型的点燃源是可能的以及哪些是与设备(或元件、防护系统)相关的。第 5 章考虑了不同的点燃源。应评定可能接触危险爆炸性环境的所有点燃源的意义。

随后,所有设备相关点燃源的点燃能力应与可燃性物质的点燃特性相比较(见 4.3.2)。

该步骤应形成设备、元件或防护系统的所有潜在点燃源的完整列表。随后,对潜在点燃源变为有效点燃源的可能性进行评定,也需要考虑维护和清洁等作业时可能产生的点燃源。

4.3.2 点燃特性

应确定危险爆炸性环境的点燃特性。相关数据如:

- 最小点燃能量(见 GB/T 3836.12);
- 爆炸性粉尘环境的最低点燃温度(见 GB/T 3836.12);
- 爆炸性气体环境的自燃温度(见 GB/T 3836.11)。

4.3.3 有效点燃源出现的可能性

应根据成为有效点燃源的可能性,按下列方式对潜在点燃源进行分类:

- 连续或频繁出现的点燃源；
- 在很少情况下出现的点燃源；
- 在极少情况下出现的点燃源。

对于使用的设备、防护系统和元件,这种分类应视为等效于下列情况:

- 正常运行期间出现的点燃源；
- 仅由于出现故障才可能出现的点燃源；
- 仅由于出现罕见故障才可能出现的点燃源。

注:可采取保护措施使点燃源失效(见 6.4)。

如果无法估计有效点燃源出现的可能性,则应假定有效点燃源始终存在。

4.4 估计爆炸可能产生的效应

为了估计爆炸可能产生的效应,需要考虑下列因素,例如:

- 火焰和热气体；
- 热辐射；
- 压力波；
- 飞出的碎片；
- 有危险的物质释放。

上述后果与下列因素有关:

- 可燃性物质的物理和化学性质；
- 危险爆炸性环境的量和界限、封闭情况；
- 考虑障碍物的周围环境的几何形状；
- 外壳和支承结构的强度；
- 受危险危及人员的个体防护装备；
- 受危险危及物体的物理性能。

为了使用者估计对人、家畜或财产的预期损害以及受危害场所的大小,需要提供爆炸后果的信息。适当的信息应是用户说明的一部分。

注:设备、防护系统和元件的使用者,评定工作场所的爆炸风险及选择适当的设备、防护系统和元件时,本程序也能作为指南。

5 可能点燃源

5.1 热表面

如果爆炸性环境触及受热表面,则可能发生点燃。不仅热表面本身能成为点燃源,而且与热表面接触或被热表面点燃的粉尘层和可燃固体也能成为爆炸性环境的点燃源(见 5.2)。

受热表面引起点燃的能力取决于特定物质与空气混合物的类型和浓度。随着温度的升高和受热表面面积的增大,点燃能量增大。另外,触发点燃的温度与受热物体的尺寸和形状、邻近表面的浓度梯度、热表面周围爆炸性气体的流速有关,且某种程度上还与表面的材料有关系。因此,例如在相当大的受热空间(大约 1 L 或更大)内,爆炸性气体或蒸气环境能够被低于按照 GB/T 3836.11 或其他等效方法测定的表面温度点燃。另一方面,对于一个凸面而非凹面的受热体,点燃则需要较高的表面温度;例如球状或管状物体,最低点燃温度随着其直径的减小而升高。当一种爆炸性环境物质经过受热表面时,由于接触时间短,点燃可能需要较高的表面温度。如果爆炸性环境与热表面接触的时间相对较长,则能发生初级反应(例如冷焰),从而生成更易点燃的分解产物,加速原来环境的点燃。

除了容易识别的诸如散热器、干燥箱、加热线圈及其他产品的热表面,机械和机器加工过程也能导

致危险温度。这些过程也包括把机械能转换成热能和设备、防护系统和元件,即各种摩擦离合器和机械操纵的制动器(例如车辆和离心分离器上)。另外,轴承、轴通道、密封压盖等的所有活动部件,如果没有进行充分的润滑也能成为点燃源。在活动部件的密封壳体内,外物的侵入或轴心偏移也能导致摩擦,进而导致表面温度升高,在某些情况下,温度甚至升高很快。

热表面也可能通过其他点燃源加热吸收体产生,例如电磁波(见 5.8 和 5.9)和超声波(见 5.11)。

还需要考虑由于化学反应(例如与润滑剂和清洁剂的化学反应)引起的温度升高。

焊接和切削工作中的点燃危险见 5.2。

防止热表面引起点燃危险的保护措施见 6.4.2。如果热表面全部或部分由其他条款更具体地覆盖,则这些条款应适用,见 6.4.4、6.4.9、6.4.10、6.4.12。

5.2 火焰和热气体(包括热颗粒)

温度通常高于 1 000 °C 时的燃烧反应伴有火焰。热气体是反应的产物,并且在含尘和/或烟炭火焰中,还会产生炽热的固体颗粒。火焰及其热反应的产物或其他高温(未燃烧)气体能够点燃爆炸性环境。即使是很小的火焰,也是最有效的点燃源。

如果设备、防护系统或元件的内部及外部或者在装置的相邻部件内存在爆炸性环境,并且如果这些地方中有一处发生点燃,则火焰能够通过开口(例如通风管道)传播到其他地方。预防火焰传播需要专门设计的保护措施(见 6.5)。

焊接或切割时产生的焊屑是具有很大表面的颗粒,因此,它们也是最有效点燃源。

防止火焰和热气体引起点燃危险的保护措施见 6.4.3。

5.3 机械产生的冲击、摩擦和磨削

由于摩擦、冲击或研磨加工如磨削,能产生与固体材料分离的微粒,并且在分离过程中由于施加能量使颗粒变热。如果这些颗粒含有可氧化的物质,例如铁或钢,则它们能发生氧化过程,从而达到更高的温度。这些颗粒(火花)能够点燃可燃性气体和蒸气以及某些粉尘/空气混合物(尤其是金属粉尘/空气混合物),在沉积的粉尘中,火花能引起焖燃,从而成为爆炸性环境的点燃源。

需要考虑石粒或杂散金属等异物进入设备、防护系统和元件造成火花。

滑动摩擦,即使是在类似的黑色金属之间及在某些陶瓷之间的摩擦,也能产生热点及与磨削火花类似的火花。这些都能引起爆炸性环境点燃。

当不锈钢受到冲击、摩擦或磨削时,很容易产生热表面,从而成为有效点燃源。在摩擦或磨削的情况下施加高接触压力还会产生火花。

铁锈和轻金属(例如铝和镁)及其合金之间的撞击能够引起铝热反应,也能引起爆炸性环境点燃。

轻金属钛和锆与足够坚硬的材料撞击或摩擦时,即使没有铁锈也能够产生引燃火花。

焊接和切削工作中的点燃危险见 5.2。

防止机械火花引起点燃危险的保护措施见 6.4.4。

5.4 电气设备和元件

电气设备和元件的电火花和热表面(见 5.1)能成为点燃源。下列情况下能够产生电火花和热表面:

- 电路断开和闭合时;
- 连接松动;
- 杂散电流(见 5.5);
- 过载和冷却不足;
- 短路。

应明确指出,特低电压(ELV,例如小于 50 V)是防止人身触电的保护,不是防止爆炸的措施。尽管

如此,低于该值的电压仍能产生足够的能量,点燃爆炸性环境。

防止电气设备和元件引起点燃危险的保护措施见 6.4.5。

5.5 杂散电流、阴极防腐措施

下列原因可能使导电系统或系统的导电部件产生杂散电流:

- 发电系统的回流电流,尤其是在电气化铁路和大型焊接系统附近,例如,当轨道和敷设在地下
的电缆护套等导电电气系统元件降低了该回流电流通路的电阻时;
- 电气装置故障造成的短路或接地故障;
- 磁感应(例如靠近大电流装置或射频装置,见 5.8);
- 雷电(见 5.7);
- 地面架空线感应。

如果能够传导杂散电流的系统部件被断开、被连接或桥接,即使在电位差很小的情况下,也会由于电火花和/或电弧的作用而点燃爆炸性环境。另外,由于这些电流通路发热也能产生点燃。

采用外加电流阴极防腐措施,也可能存在上述点燃危险。然而,如果使用阳极保护,则不可能出现电火花引起的点燃危险,除非阳极为铝或镁金属。

防止杂散电流和阴极防腐引起点燃危险的保护措施见 6.4.6。

5.6 静电

在一定条件下静电能产生引燃放电。带电荷的绝缘导电部件的电荷放电能够很容易导致引燃火花。对于由非导电材料(多数为塑料以及其他材料)制成的带电荷部件,也可能出现刷形放电。在特殊情况下,在快速分离过程中(例如,薄膜越过滚筒、传动带,或由于导电和非导电材料的组合),也可能出现传播型刷形放电。也可能出现散装材料造成的锥形放电和电子云放电。

根据放电能量大小,火花、传播型刷形放电、锥形放电和电子云放电,能够点燃各种类型的爆炸性环境。刷形放电几乎能够点燃所有的爆炸性气体和蒸气环境。根据现阶段掌握的知识,能排除刷形放电点燃爆炸性粉尘/空气环境。

防止静电引起点燃危险的保护措施见 6.4.7。

注:关于静电危害的更多信息见 GB/T 3836.26 和 GB/T 3836.27。

5.7 雷电

如果在爆炸性环境中出现雷电,通常会造成点燃。此外,避雷器达到较高温度时也具有点燃的可能性。

强大电流从雷电击中的地方流过,这些电流能够在冲击点附近生成火花。

即使没有雷电电击,雷暴雨也能够使设备、防护系统和元件产生很高的感应电压并能导致点燃危险。

防止雷电引起点燃危险的保护措施见 6.4.8。

5.8 10^4 Hz~ 3×10^{11} Hz 射频(RF)电磁波

所有产生和使用射频电气能量的系统(射频系统)都发射电磁波,例如无线电发射器或用于熔炼、烘干、淬火、焊接、切割等的工业或医疗射频发生器。

位于辐射场内的所有导电部件都具有接收天线的的作用。如果场强足够大,并且接收天线足够长,这些导电部件能够在爆炸性环境中引起点燃。例如,接收到的射频能量在与导电部件接触或断开过程中,能够使细导线发热或产生火花。接收天线获得的能量能够导致点燃,主要取决于发射器和接收天线之间的距离,以及在特定波长接收天线的规格尺寸和射频功率。

防止射频频谱内电磁波引起点燃危险的保护措施见 6.4.9。

5.9 $3 \times 10^{11} \text{ Hz} \sim 3 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 电磁波

该频谱范围内的辐射(光辐射),尤其是当聚焦时,能够被爆炸性气体或固体表面吸收成为点燃源。例如,如果物体使辐射集中在一起(例如起透镜作用的瓶子、聚焦反射器),则阳光能够引起点燃。

在一定条件下,强光源(持续或闪烁)的辐射被粉尘颗粒大量吸收,致使这些颗粒成为爆炸性气体或沉积粉尘的点燃源。

激光辐射(例如在通信装置、距离测量装置、勘测仪、光学仪表中),即使距离很远,未聚焦的射束的能量或功率密度也能够高到足以引起点燃。还有,当激光光束射到固体表面时或当激光光束被环境中或受污透明部件上的粉尘颗粒吸收时,也出现发热过程。

应注意,产生辐射的设备、防护系统和元件(例如灯管、电弧、激光等),本身就是 5.1 和 5.4 中定义的点燃源。

防止该频谱范围内电磁波引起点燃危险的保护措施见 6.4.10。

5.10 电离辐射

由于吸收能量,例如,X 射线管和放射性物质等产生的电离辐射能点燃爆炸性环境(尤其是有粉尘颗粒的爆炸性环境)。此外,由于放射源内部吸收辐射能,导致放射源本身温度升高能超过周围爆炸性环境的最低点燃温度。

电离辐射能造成化学分解或其他反应,导致产生高活性基或不稳定化合物,能引起点燃。

注:这种辐射也能通过分解作用,造成爆炸性环境(例如水电离辐射分解产生氧气和氢气混合物)。

防止电离辐射引起点燃危险的保护措施见 6.4.11。

5.11 超声波

使用超声波时,电声换能器发射的大部分能量被固态或液态物质所吸收。因此会造成暴露在超声波中的物质温度升高,在极端情况下可能产生点燃。

在爆炸性环境中,如果特定的吸收体将声能转换成热点,超声波驻波场或传播的超声波能点燃爆炸性环境。吸收体的最危险位置是驻波场($n\lambda/2$)的第一声压波腹点或传播波的第一声压最大值。

在液体中,如果位于液体表面的特定吸收体将声能转换成热点,耦合到液体中的聚焦超声能点燃液体上方的爆炸性环境。空化现象(例如出现在超声波清洗槽中)不能引起液体上方爆炸性环境的点燃。

防止超声波引起点燃危险的保护措施见 6.4.12。

5.12 绝热压缩和冲击波

在绝热或接近绝热压缩的情况下及在冲击波中,能够产生高温点燃爆炸性环境(和沉积粉尘)。此类温度的升高主要取决于压缩比,而非压力差。

注 1:在空气压缩机的压力管路中和与这些管路连接的容器中,会因润滑油雾压缩点燃而产生爆炸。

例如,在高压气体突然泄压到管道的过程中可产生冲击波。在这个过程中,冲击波以超音速向低压区域传播,当它们被管道的弯道、缩颈、连接法兰、隔断阀等衍射或反射时,能产生极高的温度。

注 2:容装有高氧化性气体(例如纯氧或含氧浓度较高的气体环境)或不稳定气体的设备、防护系统和元件,在绝热压缩、冲击波乃至纯气流的作用下,由于润滑剂、密封垫甚至结构材料能被点燃,设备、防护系统和元件能成为有效点燃源。如果由此导致设备、防护系统和元件破坏,其中一些部件将点燃周围的爆炸性环境。

防止绝热压缩和冲击波引起点燃危险的保护措施见 6.4.13。

5.13 放热反应(包括粉尘自燃)

当热量产生速度超过向周围环境的散热速度时,放热反应能成为点燃源。多数化学反应都是放热

反应。反应是否能够达到很高温度,取决于反应系统的体积/表面比、环境温度和滞留时间以及其他因素。这种高温能导致爆炸性环境点燃,也能造成焖燃和/或燃烧。

注 1: 不能在粉尘层中自持燃烧或焖燃的材料在分散在空气中时仍可能会产生粉尘爆炸。

放热反应包括自燃物质与空气的反应、碱金属与水的反应、可燃性粉尘自燃、饲料生物加工处理引起自身发热、有机过氧化物的分解或聚合反应。

注 2: 关于粉尘积聚自燃特性的测定,见 EN 15188。

催化剂也能引起产生能量的反应(例如氢气/空气环境和铂)。

注 3: 有些化学反应(例如高温分解和生物加工处理)也能导致产生可燃性物质,它们又与周围空气形成爆炸性环境。

一些结构材料与化学制品(例如铜与乙炔、重金属与过氧化氢)化合作用时,能发生剧烈反应引起点燃。

某些物质的化合作用,尤其是均匀散布时(例如铝/铁锈或糖/氯酸盐),受到冲击或摩擦作用时会产生剧烈的反应(见 5.3)。

防止化学反应引起点燃危险的保护措施见 6.4.14。

注 4: 由于化学反应时的热量不稳定性、反应产生高温和/或快速生成气体,也能产生危险,这些危险在本文件中没有考虑。

6 风险降低

6.1 基本原理

根据危险爆炸性环境和有效点燃源同时存在的必要性,以及第 4 章描述的爆炸预期的效应,直接以下列顺序得出爆炸预防和爆炸防护的基本原理。

a) 预防:

- 1) 避免或减少出现危险爆炸性环境。主要通过改变可燃性物质的浓度使其处于爆炸范围之外,或者使氧气浓度低于极限氧浓度值(LOC)来实现。
- 2) 避免出现任何潜在的有效点燃源。

b) 防护:

- 1) 通过防护措施停止爆炸和/或把爆炸效应限制到容许的程度,例如隔离、泄压、抑制、耐爆。与上述两种措施不同,这种措施允许发生爆炸。

可以仅采用一种上述预防或防护原理,消除风险或使风险最小化。也可以综合使用这些方法。

避免出现危险爆炸性环境始终应是第一选择。

出现危险爆炸性环境的可能性越大,对预防有效点燃源措施要求的程度就越高,反之亦然。

为了能够选择适当的措施,对每一种独立的情况都应制定防爆安全方案。

在爆炸预防和爆炸防护措施的计划中,需要考虑到正常运行情况,包括起动和停机。此外,还需要考虑可能出现的技术故障以及符合 GB/T 15706 的可预见的误用。采用爆炸预防和防护措施,需要全面了解实际情况,并且应具有丰富的经验。因此,建议寻求专家的指导。

6.2 避免出现爆炸性环境或减少危险爆炸性环境的量

6.2.1 过程参数

6.2.1.1 置换或减少能够形成爆炸性环境的物质的量

如果可能,应用非可燃性物质或不能形成危险爆炸性环境的物质替换可燃性物质。

应将可燃性材料的量降至合理的最低量。

6.2.1.2 限制浓度

如果不可避免要处理能够形成爆炸性环境的物质,则可通过采取措施控制可燃性物质的量和/或浓度,防止或限制设备、防护系统和元件内部形成危险爆炸性环境的量。

如果不能保证工艺过程中固有的浓度完全在爆炸范围之外,则应对上述这些措施进行监控。

所采取的监控措施,如气体探测器或流量探测器,应与报警装置、其他保护系统或自动应急功能装置相连。

当实施这些控制措施时,可燃性物质的浓度应充分低于爆炸下限或高于爆炸上限。应采取措施,保证在工艺过程中起动或停机时,使浓度在爆炸范围之外。

如果设备、防护系统和元件内部的浓度高于爆炸上限,则内部不存在爆炸风险;然而,独立于内部的浓度,如果释放出来,由于与空气掺杂,就可能在设备、防护系统与元件外造成爆炸危险。设备、防护系统与元件内部也可能因空气进入而产生爆炸风险。

对于可燃性液体(如果能够排除爆炸性薄雾环境的形成),只要液体表面温度总是充分低于爆炸温度点,就可实现保持浓度低于爆炸下限的目标。这取决于可燃性液体的化学性质和成分。

注 1: 如果是可燃气体的可燃液体溶液,则使用爆炸温度点容易造成误导。同样,如果液体在存储温度下可能发生降解或缓慢氧化时(例如沥青、燃料重油),爆炸温度点也可能造成误导。

注 2: 通常,适当选择运行条件有可能使整个设备、防护系统和元件中保持足够高的蒸气浓度,从而使浓度保持在爆炸上限之上。尽管如此,在某些情况下,例如在罐中存放期间及当能够出现冷凝时,上部的浓度会降低,从而成为爆炸性环境。只有在真正不透气的存储容器中存放相当长的时间之后,并且表面温度大大高于爆炸上限温度点时,整个存储容器内环境的浓度才会超过爆炸上限。

注 3: 某些卤代烃液体,尽管不能确定液体的爆炸温度点,仍能形成危险爆炸性环境。

对于可燃性粉尘,由于粉尘-空气混合物通常是不均匀的,所以通过限制浓度避免危险爆炸性环境很难实现。

用粉尘的总量和设备、防护系统和元件的总容积来计算粉尘的浓度,通常会得出不正确的结果。局部粉尘浓度与总体计算得出的结果相差很大。

6.2.1.3 惰化

添加与所加工的产品相容的不活泼气体(例如氮气、二氧化碳、惰性气体)、水蒸气或惰性粉状物质(例如碳酸钙)能防止形成爆炸性环境(惰化),使用惰性气体见 GB/T 37241。

当用水蒸气惰化时需要考虑冷凝的影响。

使用惰性气体进行惰化是基于降低环境中的氧气浓度,从而使该环境不再是爆炸性环境。最高允许氧浓度由极限氧浓度乘以适当安全系数得出。惰化所需的极限氧浓度取决于所使用的惰性气体。

对于不同可燃性物质的混合物,包括杂混物,在测定最高允许氧浓度时,应利用具有最低极限氧浓度的成分。

通过加入相容的惰性粉尘,也能惰化可燃性粉尘-空气混合物。

6.2.2 设备、防护系统和元件的设计和制造

6.2.2.1 通则

容装可燃性物质的设备、防护系统和元件在进行设计阶段,应努力做到将可燃物质始终封闭在密闭的系统中。

宜尽可能使用难燃的材料制造。

相邻设备中的工艺过程进行方式不应造成危险影响。例如,这可通过将设备在空间上隔离或在设备之间加装防护装置来实现。即使在大流量的可燃性物质时,也应始终将可燃性物质分成小批量,并且在每处只保持少量可燃性物质,这对安全是有利的。

6.2.2.2 避免或减少可燃性物质的释放

为了使设备、防护系统和元件外部由可燃性物质泄漏造成的爆炸风险降至最低程度,在设计、制造和操作时应使其不会泄漏并保持密封性。尽管如此,实践表明在某些情况下仍可能出现少量泄漏,在承受动态压力的密封件和衬垫处,例如在泵的密封圈处,或在采样处,可能出现少量泄漏。

通过将逸出的蒸气封闭并转移到不存在点燃危险的场所等方式,能防止在释放点附近出现危险爆炸性环境。

在设备、防护系统和元件设计时需要考虑这一情况。应采取措施限制泄漏速率和防止可燃性物质的扩散。必要时,应安装泄漏检测仪。应特别注意下列方面。

- 结构材料的选择,包括密封垫、接合件、密封填料和保温层的材料,并考虑可能的腐蚀、磨损和被处理加工物质相互作用的危险。
- 涉及密封性的配件(见附录 A)。活动连接件的数量和尺寸保持在必要的最小值。
- 涉及完整性的管道。可以通过例如适当防冲击保护或适当安放实现。挠性管道保持最少。
- 设置排放和局部通风装置以控制微量泄漏。
- 可拆卸的连接件应配置密封接头。
- 填料和清料操作。考虑使用蒸气平衡系统并且开孔的数量和尺寸保持最少。

6.2.2.3 通风稀释

通风对控制可燃性气体和蒸气释放的影响很重要。它可用于设备、防护系统和元件的内部和外部。

注: GB 3836.14 中给出了利用通风对气体和蒸气危险场所进行控制和分类的有关内容。

对于粉尘,通常只有当粉尘从起源位置排放(局部排放)并且可靠地防止可燃性粉尘危险沉积时,通风才能提供充分的防护。

应预期粉尘在正常运行或故障期间(例如在转运点或者在检查和清洁口)从设备、防护系统及元件的开口处释放。既可通过在含有粉尘的设备、防护系统及元件内部建立稍低于环境压力(负压吸入)的方法,也可通过在源头或释放点仔细收集粉尘(局部提取)来实现保护。

6.2.2.4 避免粉尘堆积

为了防止沉积粉尘在空气中扩散形成危险爆炸性环境,设备、防护系统和元件的结构宜尽可能避免可燃性粉尘沉积。

除了 6.2.2.1~6.2.2.3 已经提到的措施外,也还应特别注意下列几点。

- 粉尘输送和清除系统的设计应根据流体动力学原则,并特别关注管道走向、流速、表面粗糙度。
- 含尘设备、防护系统及元件的表面,例如结构件、T 形梁、电缆管道、窗台及所谓的死角等应保持最小。可以通过选择在无法避免的沉积表面加罩或将其倾斜来减小沉积表面的结构件等方法来部分实现这一目的。通过采用光滑表面(例如铺设瓷砖、使用油漆涂层等)的方法,至少能部分防止粉尘粘附,而且便于清理。采用对比度强的颜色有助于发现粉尘堆积。
- 应规定适当的清洁条件(例如光滑表面、便于清洁时进入的通道、安装中央真空清洁系统、提供移动吸尘器使用的电源)。用户的使用说明应指出应清除受热表面上的粉尘,例如管道、散热器、电气设备和元件。
- 为烘干机、制粒机、筒仓及粉尘收集单元选择适当的清料装置。
- 清洁设备应适用于可燃性粉尘(例如无有效点燃源)。

6.3 危险场所

6.3.1 通则

危险场所可能取决于某些设备、防护系统和元件的设计和使用,并且在规划设计和规定用途时将其考虑在内(见 GB 3836.14 和 GB/T 12476.3)。

避免有效点燃源所需要采取措施的程度取决于危险爆炸性环境出现的频率和持续时间。

注 1: 下文使用“气体”或“气体/蒸气”术语时,也包括薄雾环境。

预计危险爆炸性气体出现的量不要求采取专门预防措施的场所,在本文件含义内应被视为非危险场所。

注 2: 考虑到粉尘的沉降和粉尘层扩散可能形成危险爆炸性环境,对可燃性气体/蒸气和可燃性粉尘规定了不同的分区。

鉴于这种情况,与可燃性气体/蒸气相比,需要采取其他措施避免可燃性粉尘的有效点燃源。

6.3.2 气体/蒸气分区

可燃性气体/蒸气形成的危险场所分区如下。

a) 0 区

可燃性物质以气体、蒸气或薄雾的形式与空气形成的爆炸性环境,连续出现或长期存在或频繁出现的场所。

注 1: 这些情况一般出现在容器、管道和储罐等的内部。

b) 1 区

可燃性物质以气体、蒸气或薄雾的形式与空气形成的爆炸性环境,在正常运行条件下偶尔可能出现的场所。

注 2: 该区也包括:

- 靠近 0 区附近;
- 靠近进料口附近;
- 靠近投料口和排料口周围;
- 由玻璃、陶瓷和类似材料制成的易碎设备、防护系统和元件附近;
- 不完全密封衬垫附近,例如带填料函的水泵和阀门上的密封垫。

c) 2 区

可燃性物质以气体、蒸气或薄雾的形式与空气形成的爆炸性环境,在正常运行条件下不可能出现,如果出现也是短时间存在的场所。

注 3: 该区也包括 0 区或 1 区周围的场所。

6.3.3 粉尘分区

可燃性粉尘积层、沉积和堆积应视为形成爆炸性环境的另一原因。

可燃性粉尘形成的危险场所分区如下。

a) 20 区

爆炸性环境以空气中可燃性粉尘云的形式,持续地或长期地或频繁地存在的场所。

注 1: 这些情况一般发生在容器、管道和储罐等的内部。

b) 21 区

爆炸性环境以空气中可燃性粉尘云的形式,在正常运行时偶尔可能出现的场所。

注 2: 该区也包括靠近粉末投料和排料点附近的区域,以及在正常运行中可能出现粉尘层,并且可燃性粉尘与空气的混合物可能达到爆炸浓度的场所。

c) 22 区

爆炸性环境以空气中可燃性粉尘云的形式,正常运行时不可能出现,如果出现也是短时间存在的场所。

注 3: 该区也包括容装粉尘并因泄漏形成沉积粉尘的设备、防护系统和元件附近的场所(例如磨房,粉尘从磨粉机上逸出然后沉积下来)。

6.4 设备、防护系统和元件避免有效点燃源的设计和制造要求

6.4.1 通则

当设备、防护系统和元件在危险场所中使用时,通过考虑第 5 章描述的点燃过程,检查并判断是否可能出现点燃危险。如果可能有点燃危险,应从危险场所消除点燃源。如果不可能做到这一点,考虑下列因素采取 6.4.2~6.4.14 所述的保护措施。

这些措施应使点燃源变得没有危险,或应减少有效点燃源出现的可能性。通过设备、防护系统和元件适当的设计和结构,通过操作程序,以及通过适当的测量和控制系统(见 6.7)能够实现这一目的。

防护措施的等级取决于危险爆炸性环境出现的可能性和潜在爆炸的影响。这可通过区分设备的不同设备保护级别(EPL)来确定。这些级别反映了不同区域的要求。

下面是确定设备保护级别(EPL)的依据。

——Ga 级和 Da 级:

Ga 级和 Da 级设备,其设计应使之能按照制造商设定的运行参数发挥功能,并能保证具有很高的保护等级。

Ga 级设备用于爆炸气体、蒸气、薄雾与空气形成的混合物连续出现、长期存在或频繁出现的爆炸性环境;

Da 级设备用于可燃性粉尘与空气形成的混合物连续出现、长期存在或频繁出现的爆炸性环境。

Ga、Da 级设备,即使是在设备出现罕见故障的情况下,仍能保证必要的保护等级,其保护措施如下:

- 一个保护措施失效时,至少有第二个独立的保护措施提供必要的保护等级;或者
- 同时出现两个各自独立的故障时,仍保证必要的保护等级。

——Gb 级和 Db 级:

Gb 级和 Db 级设备,其设计应使之能按照制造商设定的运行参数发挥功能,并能保证具有高的保护等级。

Gb 级设备用于可能出现气体、蒸气、薄雾与空气形成的混合物的爆炸性环境。

Db 级设备用于可能出现可燃性粉尘与空气形成的混合物的爆炸性环境。

Gb、Db 级设备,即使在通常必需考虑的频繁出现的干扰或设备故障情况下,仍能保证必要的保护等级。

——Gc 级和 Dc 级:

Gc 级和 Dc 级设备,其设计应使之能按照制造商设定的运行参数发挥功能,并保证具有一般的保护等级。

Gc 级设备用于不可能出现,即使出现也是偶尔出现或短时间存在的蒸气、薄雾与空气形成的混合物的爆炸性环境。

Dc 级设备用于不可能出现,即使出现也是偶尔出现或短时间存在的可燃性粉尘与空气形成的混合物的爆炸性环境。

Gc、Dc 级设备保证在正常运行时必要的保护等级。

设备保护级别(EPL)和区之间的关系在附录 B 中说明。

根据危险爆炸性环境的类型(气体/蒸气/薄雾或可燃性粉尘物质)和设备的类别,应符合下列对设备、防护系统和元件的通用要求。

a) 用于爆炸性气体/空气、蒸气/空气和薄雾/空气环境的设备、防护系统和元件:

- **Gc级**:应避免能连续出现或频繁出现(例如,在设备、防护系统和元件正常运行期间)的点燃源。
- **Gb级**:除了应避免 Gc 级的点燃源之外,还应避免在罕见情况下(例如,由于设备、防护系统和元件的故障引起)能出现的点燃源。
- **Ga级**:除了避免 Gb 级的点燃源之外,还应避免仅在非常罕见的情况下(例如,由于设备、防护系统和元件的罕见故障引起)能出现的点燃源。

b) 用于爆炸性粉尘/空气环境的设备、防护系统和元件:

- **Dc级**:应避免能连续出现或频繁出现(例如,在设备、防护系统和元件正常运行期间)的点燃源。这适用于粉尘云以及粉尘层的点燃。也包括限制表面温度防止在长期处于热暴露的沉积粉尘的点燃。
- **Db级**:除避免 Gc 级所规定的点燃源之外,还应避免仅在罕见情况下能出现(例如,由于设备、防护系统和元件的故障)的点燃源。这也适用于粉尘云以及粉尘层的点燃。
- **Da级**:除避免 Gb 级所规定的点燃源之外,还应避免仅在非常罕见情况下能出现(例如,由于设备、防护系统和元件的罕见故障)的点燃源。这也适用于粉尘云以及粉尘层的点燃。

c) 所有级别的设备、防护系统和元件:

- 设计这些不同的级别时,也需要考虑可燃性物质的不同特性。
- 如果危险爆炸性环境含有几种不同类型的可燃性气体、蒸气、薄雾或粉尘,通常应以专门研究结果为依据制定保护措施。

只有各种类型的点燃源被识别并被有效控制后,才可用避免有效点燃源作为唯一的措施(见 6.4.2~6.4.14)。

6.4.2~6.4.14 中规定了从区域划分到不同级别的设备对避免点燃源的具体要求。

6.4.2 热表面

确定由热表面引起的危险见 5.1。

如果由热表面引起的危险已被识别,根据危险爆炸性环境的类型(气体/蒸气/薄雾或粉尘为可燃性物质)和设备的级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求。

a) 用于爆炸性气体/空气、蒸气/空气和薄雾/空气环境的设备、防护系统和元件:

- **Ga级**:所有能接触危险爆炸性环境的设备、防护系统和元件表面的温度,即使在罕见故障情况下也不应超过可燃性气体或可燃性液体的自燃温度(°C)的 80%。
- **Gb级**:所有能接触危险爆炸性环境的设备、防护系统和元件表面的温度,在正常运行期间和在故障情况下均不应超过可燃性气体或液体的自燃温度(°C)。然而,如果不能排除气体或蒸气能被加热到表面温度,则表面温度不应超过气体或液体的自燃温度(°C)的 80% (见 5.1)。仅在罕见故障情况下才可超过这些限值。
- **Gc级**:所有能接触危险爆炸性环境的设备、防护系统和元件表面的温度,在正常运行期间均不应超过气体或液体的自燃温度(°C)。
- **所有级别的设备、防护系统和元件**:在特殊情况下,如果有确切证据证实不会出现点燃,则也可超过上述温度限值(见 5.1)。因小于 1 s 的冲击、摩擦或磨削接触引起的机械火花或快速生成热表面应符合 6.4.4 的要求。每次小于 1 s 的反复接触应视为连续接触。

b) 用于爆炸性粉尘/空气环境的设备、防护系统和元件:

- **Da级**:所有能接触粉尘云的表面的温度,即使在罕见故障情况下也不应超过所涉及的粉尘

云的最低点燃温度(°C)的三分之二。此外,能沉积粉尘的表面的温度应比所涉及的粉尘能形成的最厚粉尘层的最低点燃温度低一个安全值(见 GB/T 3836.15);即使在罕见故障情况下也应确保这一点。如果不知道粉尘层的厚度,应假定可预见的最厚的粉尘层。

- **Db 级**:所有能接触粉尘云的表面的温度,即使在故障情况下,也不应超过所涉及的粉尘云的最低点燃温度(°C)的三分之二。此外,可能沉积粉尘的表面的温度应比所涉及的粉尘层的最低点燃温度低一个安全值(见 GB/T 3836.15);即使在故障情况下也应确保这一点。
- **Dc 级**:所有能接触粉尘云的表面的温度,在正常运行期间均不应超过粉尘云的最低点燃温度(°C)的三分之二。此外,能沉积粉尘的表面的温度应比所涉及的粉尘层的最低点燃温度低一个安全值(见 GB/T 3836.15)。
- **所有级别的设备、防护系统和元件**:在特殊情况下,如果有确切证据证实不会出现点燃,则也可超过上述温度限值(见 5.1)。因小于 1 s 的冲击、摩擦或磨削接触引起的快速生成热表面应符合 6.4.4(见 5.3)的要求。每次小于 1 s 的反复接触应视为连续接触。

6.4.3 火焰和热气体

确定由火焰和热气体引起的危险见 5.2。

如果涉及热固体颗粒(例如飞溅火花),见 6.4.4(机械产生的冲击、摩擦和磨削)和 6.5 有关火焰传播的要求。

如果由火焰和/或热气体引起的危险已被识别,根据不同的级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求。

- 所有级别**:除下述情况之外,不允许出现明火。
- Ga、Da 级**:除了消除明火之外,火焰形成的气体(例如用于惰化排出的气体)或其他受热气体也不允许出现,除非采取了特殊的预防措施,例如限制温度或消除易燃微粒。
- Gb、Db 级和 Gc、Dc 级**:只有火焰被安全封闭,并且设备部件的外表面温度不超过 6.4.2 规定的温度,才允许装置有火焰。此外,对于封闭火焰的设备、防护系统和元件(例如特殊加热系统),应确保外壳能够承受火焰的影响,并且火焰不能扩散至危险场所。如果燃烧所需的空气来自危险爆炸性环境可能发生或只在偶尔短时间内发生的场所,则应通过实施适当的保护措施来防止危险(见 6.5)。

即使在故障情况下,Gb 和 Db 级装置也不应产生有效点燃源。

6.4.4 机械产生的冲击、摩擦和磨削

确定机械产生的冲击、摩擦和磨削引起的危险见 5.3。

如果由机械火花引起的危险已被识别,根据危险爆炸性环境的类型(气体/蒸气/薄雾爆炸性环境或可燃性粉尘作为物质)和设备的级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求。

- Ga、Da 级**:即使在罕见故障情况下能产生可引起点燃的摩擦、冲击、研磨火花或快速生成热表面的设备、防护系统和元件,也不允许使用。尤其是,应避免铝或镁与铁或钢之间的摩擦。应避免钛或锆与任何硬质材料之间的摩擦和冲击。
- Gb、Db 级**:任何可能的情况下宜符合对 Ga、Da 级设备的要求。正常运行情况和故障情况下均应排除火花或快速生成热表面。
- Gc、Dc 级**:采取的保护措施足以预防正常运行期间可引起点燃的摩擦、冲击、研磨火花或快速生成热表面。
- 所有级别**:如果可能的危险爆炸性环境含有乙炔、二硫化碳、氢气、硫化氢和环氧乙烷等气体的一种或多种,除非确切证据证实不存在爆炸风险,否则拟用于爆炸性气体/空气、蒸气/空气和薄雾/空气环境、可能产生机械火花或快速生成热表面的设备不允许使用。

对可在危险爆炸性环境中使用的工具要求应符合附录 C。

在某些情况下,有可能通过涂敷防止轻金属与铁锈机械接触,如果涂敷非导电材料如塑料,需要防静电措施。涂敷不宜含有较高的铝成分。

例如用湿润的方法处理,能降低机械产生的可引起点燃的火花或快速生成热表面出现的可能性。宜考虑到与润湿介质的可能反应,见 GB/T 3836.29。

6.4.5 电气设备和元件

确定电气设备和元件引起的危险见 5.4。

如果由电气设备引起的危险已被识别,则设备、防护系统和元件应符合相关防爆安全标准要求。爆炸性环境中的电气设备和元件应按照国家的相关标准(例如 GB/T 3836 等)进行设计、制造、安装和维护(适用时)。

6.4.6 杂散电流和阴极防腐

确定杂散电流和阴极防腐引起的危险见 5.5。

如果由杂散电流和/或阴极防腐引起的危险已被识别,根据危险爆炸性环境的类型(气体/蒸气/薄雾或粉尘状可燃性物质)和设备的级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求。

- a) **所有级别:**属于电气设备的一部分或靠近电气设备的系统的所有导电部件应按 GB/T 3836.15 进行保护。
- b) **Ga、Da 级和 Db 级:**应对设备的所有导电部件,以及按照 GB/T 3836.15 对与电气设备不相邻的导电部件进行电位均衡。在属于电位均衡系统的导电墙封闭的位置内,允许与该要求不一致。如果系统的导电部件安装在 0 区、20 区和 21 区(例如储罐中的通风和吸入管道),应首先把它们加入电位均衡系统中。这些要求应列入使用信息中(见第 7 章)。
- c) **Gb 级:**应提供与 Ga、Da 级保护措施等同的保护措施。然而,对于不靠近电气设备的系统的导电部件,例如,当由导电系统的互联部件形成的均衡系统,如管道网或广泛的接地系统已经存在,允许不使用特殊的措施如另加电桥来均衡电位。
在断开或闭合系统导电部件的连接之前,例如拆卸管道的连接件和部件时,如果互相连接的完整性可能受到损害,则应提供横截面足够大的连接线构成的桥路。这些要求应列入使用信息中(见第 7 章)。
- d) **Gc、Dc 级:**除频繁出现的杂散电流引起电弧或火花之外,一般可不必满足 Ga 或 Da 级和 Gb 或 Db 级的要求,如电位均衡。

应对具有外加电流阴极防腐的系统提供特殊保护措施。

关于埋地金属罐和相关管道的保护,见 EN 13636。

6.4.7 静电

确定静电引起的危险见 5.6。

如果由静电引起的危险已被识别,根据不同的级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求。

——**所有级别:**最重要的保护措施是将所有可能有危险带电的导电部件等电位连接,并且接地。然而,如果有非导电材料,仅有这些保护措施还不够。在这种情况下,应避免包括固体、液体及粉尘在内的非导电部件和材料出现危险带电。这些要求应包含在使用信息中(见第 7 章)。

注 1: IEC 61340-4-4 给出了为避免静电放电风险而设计的集装袋(FIBC)的试验方法。

——**Ga、Da 级:**应消除可引起点燃的放电,并且考虑罕见故障。

——**Gb、Db 级:**在设备预期使用过程中,包括维修和清理时,或者在出现通常可以预期的故障时,不应出现引燃放电。

——**Gc、Dc 级**:通常,只有当引燃放电频繁出现时(例如不能充分导电的传动带情况),才需要采取接地要求以外的措施。

注 2:对这一问题的其他信息见 GB/T 3836.26。

6.4.8 雷电

Ga、Da 级和 Gb、Db 级的防护措施:雷电传导路径的实现应确保预热、点燃火花或喷射火花不能成为危险爆炸性环境的点燃源。这也适用于更远距离的雷击。

这些措施的实施至少应确保能控制半径为 30 m 的雷电。

雷电防护措施的效果或配置不应损害其他防护措施,例如阴极腐蚀防护。

除电线外,可靠导电连接的金属设备部件也视为金属部件和接地连接之间的导体。

等电位连接以及电路点和与管道连接的设计应确保在雷电电流中不会产生火花或危险加热。

管道上合适的连接件是焊接标记或螺栓或法兰上用于放入螺钉的螺纹孔。

对于 Ga、Da 级设备,这些连接的尺寸应能承受雷电的电流。

此外,对于 Ga、Da 级设备,过电压保护系统应安装在危险场所之外。

Gc、Dc 级的防护措施:避雷器不是必需的,因为雷电与危险爆炸性环境同时发生的概率可视为是极低的。如有必要,可采取组织预防措施(例如在维护期间)。

确定由雷电引起的危险见 5.7。

如果由雷电引起的危险已被识别,则设备、防护系统和元件应符合下列要求:

——**所有级别**:装置应采用适当的雷电防护措施。

应防止 0 区和 20 区之外出现的雷电影响对 0 区和 20 区造成有害影响,例如可在合适的地方安装过电压保护系统。对于接地保护的油罐装置或与油罐电气绝缘的导电系统的元件,应进行等电位连接,并设置一个环形接地电极系统。这些要求应列入使用信息中(见第 7 章)。

雷电防护措施不应削弱符合 6.4.6 规定的阴极防腐措施。

注:雷电防护见 GB/T 21714。

6.4.9 1×10^4 Hz~ 3×10^{11} Hz 射频(RF)电磁波

确定由射频电磁波引起的危险见 5.8。

如果由射频电磁波引起的危险已被识别,则设备、防护系统和元件应符合下列要求。

——**所有级别**:

- 在连续辐射的情况下应限制输出功率;或
- 在脉冲辐射的情况下应限制输出能量。
- 在可能含有危险爆炸性环境的场所内最近的发射部件和接收天线(见 5.8)之间,各个方向都应保持一个安全距离。

注 1:输出功率和输出能量的限值见 GB/T 3836.1。

对于具有定向模式的发射系统,应注意安全距离与方向有关。还应注意,根据射频源的输出功率、天线增益和工作频率,射频源甚至可能设置在几千米远。如有疑问,应通过测量确定安全距离。

如果不能保证适当的安全距离,应采取特殊保护措施,例如屏蔽。

注 2:例如国家电讯管理部门颁布的电磁干扰水平运行许可证,相应的无线电干扰防护标识或有关无线电干扰等级的资料信息,不能说明该装置或其辐射场是否产生点燃风险。

所有级别的射频系统也应符合 6.4.5 的要求。

6.4.10 3×10^{11} Hz~ 3×10^{15} Hz 电磁波

确定由该频谱范围电磁波引起的危险见 5.9。

应注意,产生辐射的设备、防护系统和元件(例如灯管、电弧、激光等),本身也能是 5.1 和 5.4 中定义的点燃源。

如果由 3×10^{11} Hz~ 3×10^{15} Hz 电磁波引起的危险已被识别,根据不同级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求。

- a) **所有级别**:通过共(谐)振吸收能够引起点燃的装置不允许使用(见 5.9)。
- b) **Gc、Dc 级**:如果满足下列条件,能够产生辐射、并且已被认可或适用于存在该级别对应危险爆炸性环境的场所的电气设备(见 6.4.5)允许使用:
 - 1) 辐射脉冲的能量或连续辐射的能量通量(功率)被限制在不能点燃危险爆炸性环境的低值;或者
 - 2) 辐射被安全封闭起来,确保:
 - 安全地防止从外壳泄漏的能够点燃危险爆炸性环境的辐射进入危险场所,并且不会出现由于辐射原因能够点燃外壳外部危险爆炸性环境的热表面;和
 - 危险爆炸性环境不能进入外壳内部,或者外壳内部的爆炸不能传播到危险场所。
- c) **Gb、Db 级**:在罕见情况下(例如故障),也应保证上述条件。
- d) **Gc、Dc 级**:即使在非常罕见的情况下(例如罕见故障),也应保证上述条件。

注:当辐射完全被吸收物吸收时,对如用于气体和蒸气/空气混合物中的光辐射设备等一些应用,见 GB/T 3836.22 和 GB/T 3836.1。

6.4.11 电离辐射

确定电离辐射引起的危险见 5.10。

如果由电离辐射引起的危险已被识别,根据不同级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求。

- a) **所有级别**:对于辐射源运行所需的电气系统,应符合 6.4.5 的要求。
对激光的保护措施见 6.4.10。
- b) **Gc、Dc 级**:如果满足下列条件,允许使用产生电离辐射的电气设备:
 - 1) 辐射脉冲的能量或连续辐射的能量通量(功率)被限制在不能点燃危险爆炸性环境的低值;或者
 - 2) 辐射被安全封闭起来,确保:
 - 安全地防止从外壳泄漏的能够点燃危险爆炸性环境的辐射进入危险场所,并且不会出现由于辐射原因能够点燃外壳外部危险爆炸性环境的热表面;和
 - 危险爆炸性环境不能进入外壳内部,或者外壳内部的爆炸不能传播到危险场所。
- c) **Gb、Db 级**:在罕见的情况下(例如故障),也应保证上述条件。
- d) **Ga、Da 级**:即使在非常罕见情况下(例如罕见故障),也应保证上述条件。

6.4.12 超声波

确定超声波引起的危险见 5.11。

本条的信息仅适用于由声功率引起的点燃危险。对于关联的电气系统需要考虑 6.4.5。

注 1:具体应用见 GB/T 3836.1。

如果由超声波引起的危险已被识别,根据不同的级别,设备、防护系统和元件应符合下列要求:

——**所有级别**:超声波的频率不允许大于 10 MHz,除非表明没有分子共振吸收,证实在相关情况

下不存在点燃危险。

对危险爆炸性环境中的频率不超过 10 MHz 的超声波适用下列要求。

——**所有级别**：只有确保工作流程安全性的情况下，才可允许有超声波。在强超声场中，应始终避免使用容易着火的吸声材料（例如棉花，即在千赫兹频率下），因为燃烧的吸声材料可能点燃危险爆炸性环境，而与危险爆炸性环境类型无关。

——整个声场中任何一点的声压级不应超过 170 dB(re.20 μ Pa)，除非证明不可能点燃。该阈值适用于气体、蒸气和粉尘的危险爆炸性环境，因为在该阈值以下这些环境达不到临界温度。

注 2：这是因为即使在具有 100% 吸声率的固体中（5 kHz 时），也没有达到临界温度。该阈值包括 6 dB 的安全裕度，并考虑到 2 dB 的测量不确定度（ $k=1$ ）。

对与危险爆炸性环境接触的液体中的频率不超过 10 MHz 的超声波适用下列要求。

——**所有级别**：液体表面的声强不应超过 400 mW/mm²，除非证明不可能点燃。在该阈值以下，穿透液体表面的吸声固体不能产生临界温度。

注 3：该阈值相对于实验确定的乙醚点燃极限包含 20% 的安全裕度，并考虑到 8%（ $k=1$ ）的测量不确定度。阈值代表所有气体和蒸气，包括二硫化碳。

——在不符合该阈值的应用中，应通过其他方式排除点燃。

防止超声波点燃源成为有效点燃源的其他方法可能是：

——排除穿透液体表面且具有与液体类似声阻抗的吸声体，即与液体的声阻抗不同的一个数量级；或

——排除在空间上固定并穿透液体表面的吸声体；或

——穿透液体表面的吸声体的声透射时间限制在 3 s 以内。

应按照附录 D 确认是否符合阈值。

6.4.13 绝热压缩和冲击波

确定绝热压缩和冲击波引起的危险见 5.12。

如果由绝热压缩和/或冲击波引起的危险已被识别，根据不同的级别，设备、防护系统和元件应符合下列要求。

——**Ga、Da 级**：应避免能引起压缩或冲击波、造成点燃的工艺过程。即使在罕见故障情况下也应确保这一点。按照惯例，例如，存在高压比率的系统，如果系统部件之间的滑道和阀能慢慢打开，则能够消除有危险的压力和冲击波。

——**Gb、Db 级**：仅在罕见故障情况下才允许能引起绝热压缩或冲击波的操作。

——**Gc、Dc 级**：在正常运行期间应防止出现能够点燃危险爆炸性环境的冲击波或压缩。

如果必须使用含有高氧化气体的设备、防护系统和元件，宜采取特殊措施防止点燃结构材料和辅助材料。

6.4.14 放热反应（包括粉尘自燃）

确定放热反应引起的危险见 5.13。

如果由放热反应引起的危险已被识别，则设备、防护系统和元件应符合下列要求¹⁾：

——**所有级别**：在任何可能的情况下，应避免具有自燃倾向的物质。

当必须处理这样的物质时，应针对每一具体情况采取必要的保护措施。可采取下列保护措施：

——惰化；

1) 由于潜在化学反应的多样性，在本文件中规定所有需要的预防措施是不现实的。因此，需要寻求专家的指导。

- 稳定化；
- 改善散热,例如将物质分成小份；
- 限定温度和压力；
- 低温度储存；
- 限定滞留时间。

应避免使用与处理的物质发生危险反应的结构材料。

防止与铁锈和轻金属冲击(例如铝、镁或其合金)和摩擦造成危险的保护措施见 6.4.4。

警告:在某些条件下,可能会产生自燃物质,例如,含硫石油产品存储过程中或者在惰性环境中碾磨轻金属时。

6.5 设备、防护系统和元件降低爆炸效应的设计和制造要求

如果 6.2 或 6.4 规定的措施不能实施或不适用,则设备、防护系统和元件的设计和制造应能将爆炸效应限制在安全水平。能通过采取下列一种或多种措施满足该要求:

- 耐爆炸设计(见 GB/T 24626)；
- 泄爆(见 EN 14797)；
- 抑爆(见 GB/T 25445)；
- 隔离爆炸(见 EN 15089)；
- 阻火器(见 ISO 16852)；
- 粉尘泄爆(见 EN 14491)；
- 气体泄爆(见 EN 14994)；
- 无焰泄爆(见 EN 16009)；
- 爆炸导向器(见 EN 16020)；
- 翻板式爆炸隔离阀(见 EN 16447)。

这些措施基本上是减轻设备、防护系统和元件内部爆炸造成的危险效应。

注:对设备、防护系统和元件周围的建筑或物体防护的附加要求可能是必需的,但是,本文件不涉及这些。

警告:在所连接的设备、防护系统、元件、管道系统或长条形容器中,爆炸有可能随着火焰前锋的加速传遍整个系统。内置元件或障碍物(例如测量隔板)会增大湍流并使火焰前锋加速。根据系统的几何形状不同,这样的加速能够导致由爆燃发展到爆轰,产生高压力峰。

6.6 对紧急措施的规定

爆炸的预防和/或防护可能要求特殊的紧急措施,例如:

- 紧急关停全部工厂或部分工厂；
- 紧急清空部分工厂；
- 中断工厂各部分之间的物料流动；
- 用适当的物质(例如水、氮气,用氮气冲浸时应注意防止窒息)冲浸部分工厂。

在设备、防护系统和元件的设计和制造过程中,应把这些措施纳入爆炸安全方案中(见 6.1)。

6.7 爆炸预防和防护用测量和控制系统的原则

GB/T 16855.1 涉及该领域的一般原则。

6.2、6.4 和 6.5 介绍的爆炸的预防和防护措施,可以采用测量和控制系统实施或监控。这意味着可将过程控制用于爆炸预防和防护的三种基本原理:

- 避免危险爆炸性环境；
- 避免有效点燃源，见 GB/T 3836.28 和 GB/T 3836.29；
- 降低爆炸效应。

应确定相关的安全参数，适用时应进行监控。采用的测量和控制系统应能产生适当的响应。

注：测量和控制系统的响应时间也是相关的安全参数。

要根据风险评定（见 EN 15198 和 GB/T 3836.28）确定监测和控制系统所需的可靠性（见 EN 50495 和 GB/T 3836.29）。

7 使用信息

7.1 通则

本章规定了使用和维护的信息，应随设备、防护系统和元件一起提供，或者作为使用说明书的一部分（例如使用手册）提供。

应符合 GB/T 15706 规定的要求。特别应注意在爆炸性环境使用的特殊要求。

如适用，信息应明确说明设备和防护系统的类别和级别，尤其应包括规定用途和应用限制。

适用时应提供下列信息资料。

- a) 与爆炸防护相关的具体参数。可包括：
 - 1) 最高表面温度、压力等；
 - 2) 防止机械危险的保护措施；
 - 3) 点燃的预防；
 - 4) 预防和/或限制粉尘堆积。
- b) 安全系统。可包括：
 - 1) 温度监控；
 - 2) 振动监测；
 - 3) 火花探测和熄灭系统；
 - 4) 惰化系统；
 - 5) 泄爆系统；
 - 6) 抑爆系统；
 - 7) 过程隔离系统；
 - 8) 由加工而非爆炸产生的过压的泄放系统；
 - 9) 火灾探测和灭火系统；
 - 10) 爆炸隔离系统
 - 11) 紧急停机系统；
 - 12) 耐爆炸设计。
- c) 保证安全运行的具体要求。可包括：
 - 1) 合适的附件、辅助装置；
 - 2) 与其他设备、防护系统和元件一起使用。

附录 C 给出了在爆炸性环境中使用工具的要求。

7.2 试运行、维护和修理时防止爆炸的资料

应特别注意提供下列信息资料：

- a) 正常运行,包括起动和停机的说明;
- b) 系统地维护和修理,包括设备、防护系统和元件安全开启的说明;
- c) 所要求的清理,包括除尘和安全工作过程的清洁说明;
- d) 识别故障和采取措施的说明;
- e) 设备、防护系统和元件检验以及发生爆炸之后测试的说明;
- f) 针对风险而要求措施的信息,如作为风险评定的一部分,应提供已被识别的爆炸性环境可能存在的信息,避免操作员或其他人员的活动成为点燃源。

7.3 资质和培训

应提供有关资质和培训需要的信息,使用户能够选择胜任的工作人员,在可能出现爆炸性环境的场所进行作业。

附 录 A
(资料性)
设备密封性

A.1 概述

通过设备的密封性,可以防止或限制设备外部形成危险爆炸性环境。在这里,区别在于:

- 具有正常密封性(见 3.39)的设备,在故障期间,可燃性物质预期从该设备释放到大气中;
- 具有加强密封性(见 3.40)的设备,可燃性物质预期不会释放到大气中,或如果释放,不会造成任何危险场所。

设备的每一部分(例如储罐、泵、管道、容器、法兰、配件等)都宜被视为可燃性物质的潜在释放源,如果确定该部分可能将可燃性物质释放到大气中,则首先有必要确定释放特性以确定释放的可能频率和持续时间(见 GB 3836.14 和 GB/T 12476.3)。

设计处理可燃性气体、液体和粉尘的设备时,宜选择能够承受预期的机械、热和化学应力的材料,并排除表面材料与可燃性混合物反应产生的危险。

选择材料时,宜考虑腐蚀行为。对于表面磨损,在计算表面厚度时宜考虑公差;作为防止点蚀的基本保护措施,宜选择适当的材料,尤其是在停止阶段采取适当的保护措施。

注:关于可燃性工艺流体与电气系统之间的工艺密封的更多资料见 GB/T 3836.25。

A.2 正常密封性

对于具有正常密封性的设备,在正常运行期间预期无释放,如果确实发生释放,则很可能只是偶尔和短时间的释放。

只有在下列情况下,设备才被视为正常密封性:

- 结构上使其在设备制造商规定的具体应用中保持正常密封性;
- 当用适合于应用的任何密封性试验或密封性监测/检查时,例如使用泡沫产生剂或泄漏检测器或指示器,未发现任何明显的泄漏。

注:具有正常密封性的设备示例如下:

- 带有光滑密封条且对密封结构无特殊要求的法兰;
- 仅依靠单作用轴向密封环进行密封的泵;
- 美国标准锥管螺纹(NPT)或其他锥管螺纹连接,在螺纹上使用适当的螺纹密封剂或接合剂形成耐压接头(例如符合 EN 10226 系列的管螺纹)。

A.3 加强密封性

对于加强密封性的设备,预期不会释放,其周围也不会预见爆炸性环境。

注 1:在进行爆炸风险评定后,可能将具有可忽略释放或逸散排放的设备视为加强密封。

只有在下列情况下,设备才被视为加强密封:

- 按照设备制造商说明的规定用途,由于对具体应用的设计,结构上使其在使用寿命期间保持加强密封性;
- 通过有文件记录的维护,在正常运行和预期故障期间永久确保。

注 2:加强密封性可能取决于应用:在这种情况下,设备用户进行风险评定以证明没有任何释放。例如,这可能与可拆卸元件,带有管道、配件或盲盖、法兰及密封件的可拆卸连接或任何确保防泄漏性能的标准化解方案有关。

加强密封性的设备示例如下：

- 焊接设备；
- 带有安全密封管口法兰的屏蔽泵；
- 带有安全密封管口法兰的磁力耦合无密封泵；
- 带有安全密封管口法兰的永磁驱动无压盖配件；
- 在旋转或横移轴上使用双重密封，配备了适用于在异常运行期间排除重大释放的设备，例如用外部的流体（密封或输送释放）并监测（例如用分析仪）这种流体；
- 妥善保管和搬运气瓶，气瓶阀门关闭、连接孔有盖、阀门有保护。

附录 B

(资料性)

设备保护级别(EPL)和分区之间的关系

从设备、防护系统和元件制造者的角度来看,分级体系如表 B.1 所示。

表 B.1 设备保护级别和区域之间的关系

| 设备保护级别 | 用于爆炸性环境的设计类型 | 设计用于分区 | 也适用于分区 |
|--------|----------------------------------|--------|---------|
| Ga | 气体/空气混合物 蒸气/空气混合物 薄雾/空气混合物 | 0 | 1 和 2 |
| Da | 粉尘/空气混合物 | 20 | 21 和 22 |
| Gb | 气体/空气混合物 蒸气/空气混合物 薄雾/空气混合物 | 1 | 2 |
| Db | 粉尘/空气混合物 | 21 | 22 |
| Gc | 气体/空气混合物 蒸气/空气混合物 薄雾/空气混合物 | 2 | — |
| Dc | 粉尘/空气混合物 | 22 | — |

从使用者的角度来看,可应用的不同级别的设备如表 B.2 所示。

表 B.2 不同区域可应用的设备

| 区 | 适用的设备保护级别 | 如果设计用于 |
|----|--------------|----------------------------------|
| 0 | Ga | 气体/空气混合物 蒸气/空气混合物 薄雾/空气混合物 |
| 1 | Ga 或 Gb | 气体/空气混合物 蒸气/空气混合物 薄雾/空气混合物 |
| 2 | Ga 或 Gb 或 Gc | 气体/空气混合物 蒸气/空气混合物 薄雾/空气混合物 |
| 20 | Da | 粉尘/空气混合物 |
| 21 | Da 或 Db | 粉尘/空气混合物 |
| 22 | Da 或 Db 或 Dc | 粉尘/空气混合物 |

附 录 C
(规范性)
爆炸性环境用工具

负责操作存在爆炸性环境的装置和工艺的人员应向所有在现场工作的人员提供有关安全使用手动工具的信息资料。应区别下列两种不同类型的工具：

- a) 使用时,仅能引起单次火花的工具(例如螺丝刀、扳手、冲击螺丝刀);
- b) 切割或磨削过程中产生火花簇射的工具。

在 0 区和 20 区,不允许使用能引起火花的工具。

在 1 区和 2 区,钢制工具符合 a)项要求时才允许使用。如果能确保工作场所不存在危险爆炸性环境,允许使用符合 b)项要求的工具。

然而,如果由于出现 II C 类爆炸物质(根据 GB/T 3836.11)(乙炔、二硫化碳、氢气)和硫化氢、环氧乙烷及一氧化碳而存在爆炸风险,在 1 区绝对不允许使用任何类型的钢质工具,除非在使用这些工具的过程中确保工作场所不存在危险爆炸性环境。

在 21 区和 22 区可允许使用符合 a)项的钢质工具。如果工作场所与 21 区和 22 区的其他区域隔离,且已采取下列附加措施,允许使用符合 b)项的钢质工具:

——沉积粉尘已经从工作场所清除;或者

——工作场所保持潮湿,使粉尘既不能弥散在空气中,也不能形成任何阴燃点。

在 21 区和 22 区或在其附近区域切割或磨削时,产生的火花能飞出很远的距离并能导致形成阴燃的微粒。因此,工作场所周围的其他区域也宜包括在采取保护措施的范围內。

在 1 区、2 区、21 区和 22 区使用工具应有“作业批准”体系的制度。这些应列入使用信息中。

注:特定工业部门可能对工具的使用有特定的要求或规则。

附录 D

(规范性)

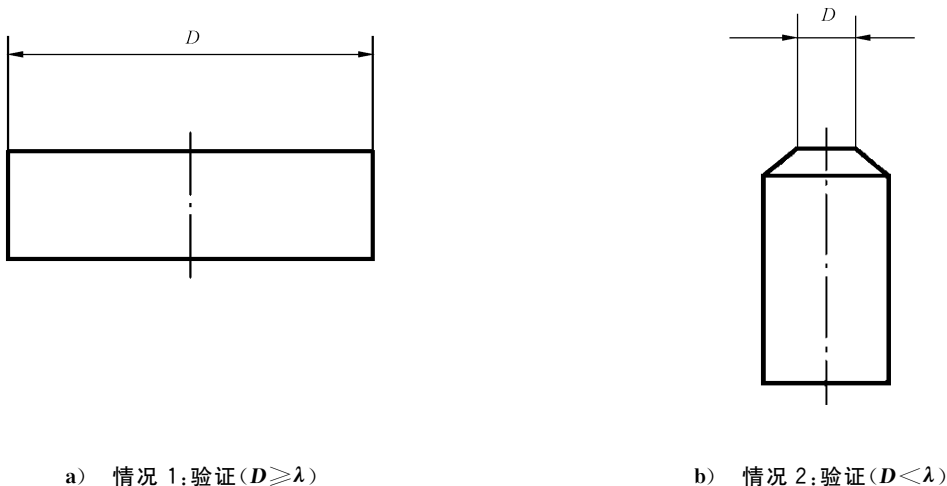
液体中超声波阈限值的验证程序

应通过以下方式确认是否符合阈值。

- a) 对于单个超声源
 - 1) 有效声发射直径大于或等于液体中的声波波长时[图 D.1a), 情况 1]: 与液体中波长平方相关的声源输出功率不应超过 400 mW/m^2 的阈值(见 6.4.12)。如果声源的额定电输入功率满足要求, 则视为满足要求。
 - 2) 直径小于液体中超声波波长时[图 D.1b), 情况 2]: 与该声源的声发射面相关的声输出功率不应超过 400 mW/m^2 的阈值(见 6.4.12)。
- b) 对于由多个换能器组成的应用
 - 1) 当远场中各个声源的声场最大值不能加性叠加[图 D.2a), 情况 3]: 列项 a) 分别适用于每个声发射源。
 - 2) 当不能排除远场中各个声源的声场最大值的加性叠加[图 D.2b), 情况 4]: 按照列项 a) 估计的可能叠加的强度的总和不应超过阈值。
- c) 如果按照 a) 和 b) 估计的强度超过阈值, 则可能通过在设备中的液面高度用水听器测量确定声压最大值来验证对阈值的符合性。

根据声压 p 计算的强度 $I, I = p_{(r)}^2 / (\rho \cdot c)$, 其中 ρ 是液体的密度, c 是液体的声速, 不应超过阈值(见 6.4.12; 测量和表征见 IEC 62127-1)。用于声压测量的水听器应校准并溯源至参考标准。

在频率范围大于 500 kHz 的空间严重受限声波束的情况下, 应将阈值计算为在波束横截面上(波束宽度为 -12 dB) 平均的强度 I_{sata} (空间平均时间平均强度, 见 IEC 62127-1)。可以使用声输出功率除以焦点处的最小 -12 dB 区域, 而不是确定声压剖面上的平均 I_{sata} 。

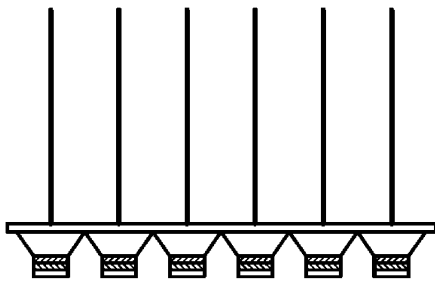


说明:

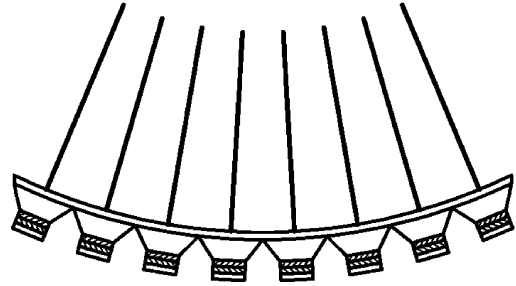
D —— 声发射面直径;

λ —— 液体中的波长。

图 D.1 按照声发射源的几何尺寸与超声波波长的关系区分情况



a) 情况 3:远场中声场最大值无干涉



b) 情况 4:远场中声场最大值加性叠加

图 D.2 按照声发射源的相互干涉区分情况

参 考 文 献

- [1] GB/T 3836(所有部分) 爆炸性环境
- [2] GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的设备
- [3] GB/T 3836.11 爆炸性环境 第11部分:气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据
- [4] GB/T 3836.12 爆炸性环境 第12部分:可燃性粉尘物质特性 试验方法
- [5] GB 3836.14 爆炸性环境 第14部分:场所分类 爆炸性气体环境
- [6] GB/T 3836.22 爆炸性环境 第22部分:光辐射设备和传输系统的保护措施
- [7] GB/T 3836.26 爆炸性环境 第26部分:静电危害 指南
- [8] GB/T 3836.27 爆炸性环境 第27部分:静电危害 试验
- [9] GB/T 3836.29 爆炸性环境 第29部分:爆炸性环境用非电气设备 结构安全型“c”、控制点燃源型“b”、液浸型“k”
- [10] GB/T 12474 空气中可燃气体爆炸极限测定方法
- [11] GB/T 12476.3 可燃性粉尘环境用电气设备 第3部分:存在或可能存在可燃性粉尘的场所分类
- [12] GB/T 16425 粉尘云爆炸下限浓度测定方法
- [13] 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
- [14] GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分:设计通则
- [15] GB/T 21714 雷电防护
- [16] GB/T 24626 耐爆炸设备
- [17] GB/T 25285.2 爆炸性环境 爆炸预防和防护 第2部分:矿山爆炸预防和防护的基本原则和方法
- [18] GB/T 25445 抑制爆炸系统
- [19] GB/T 37241 惰化防爆指南
- [20] GB/T 38301 可燃气体或蒸气极限氧浓度测定方法
- [21] ISO 16852 Flame arresters—Performance requirements, test methods and limits for use
- [22] IEC 61340-4-4 Electrostatics—Part 4-4: Standard test methods for specific applications—Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC)
- [23] IEC 62127-1 Ultrasonics—Hydrophones—Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz
- [24] EN 10226 Pipe threads where pressure tight joints are made on the threads
- [25] EN 13636 Cathodic protection of buried metallic tanks and related piping
- [26] EN 14034-4 Determination of explosion characteristics of dust clouds—Part 4: Determination of the limiting oxygen concentration LOC of dust clouds
- [27] EN 14491 Dust explosion venting protective systems
- [28] EN 14994 Gas explosion venting protective systems
- [29] EN 14797 Explosion venting devices
- [30] EN 15089 Explosion isolation systems
- [31] EN 15188 Determination of the spontaneous ignition behaviour of dust accumulations
- [32] EN 15198 Methodology for the risk assessment of non-electrical equipment and components for intended use in potentially explosive atmospheres
- [33] EN 15794 Determination of explosion points of flammable liquids

- [34] EN 15967 Determination of maximum explosion pressure and the maximum rate of pressure rise of gases and vapours
 - [35] EN 16009 Flameless explosion venting devices
 - [36] EN 16020 Explosion diverters
 - [37] EN 16447 Explosion isolation flap valves
 - [38] EN 50495 Safety devices required for the safe functioning of equipment with respect to explosion risks
-