

中华人民共和国国家标准

GB/T 20801.6—201X

压力管道规范 工业管道 第6部分：安全防护

Pressure piping code—Industrial piping

Part 6: Safeguarding

(征求意见稿)

××××-××-××

××××-××-××

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	11
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 安全泄放装置	5
5 阻火器	10
6 其他保护装置	14
7 安全防护	14
附录 A 安全泄放装置的计算（资料性附录）	17
附录 B 可燃气体和蒸汽的 MESG 和爆炸级别（资料性附录）	25

前 言

本标准对应于 ISO15649: 2001《石油和天然气工业管道》，与 ISO15649: 2001 的一致性程度为非等效。

GB/T 20801《压力管道规范 工业管道》由下列六个部分组成：

- 第 1 部分 总则；
- 第 2 部分 材料；
- 第 3 部分 设计与计算；
- 第 4 部分 制作与安装；
- 第 5 部分 检验与试验；
- 第 6 部分 安全防护。

本部分为 GB/T 20801 的第 6 部分。

本部分附录 A 是资料性附录，附录 B 是资料性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会压力管道分技术委员会(SAC/TC262/SC3)提出。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC262)归口。

本部分起草单位：略

本部分主要起草人：略

压力管道规范 工业管道

第 6 部分：安全防护

1 范围

1.1 本部分规定了 GB/T 20801.1 范围内压力管道的安全保护装置（安全泄放装置、阻火器、火灾紧急切断阀和机械联锁装置等）和安全防护的基本要求。

1.2 安全保护装置的产品质量和安全功能必须符合相关法规、标准和规范的规定。

1.3 本部分未规定的其他安全防护要求应符合本标准其他部分以及国家现行有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 20801 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

- 国家安全生产监督管理总局令第 45 号危险化学品建设项目安全监督管理办 2012 年 4 月 1 日。
 安监总厅管[2013]39 号危险化学品建设项目安全设施设计专篇编制导则
 安监总管三[2014]68 号关于进一步加强化学品罐区安全管理的通知
 SG EF 001 安全阀安全技术监察规程
 TSG EF 003 爆破片泄放装置安全技术监察规程
 TSG D0001 压力管道安全技术监察规程—工业管道
 TSG R0004 固定式压力容器安全技术监察规程
 GB 567.1~4 爆破片安全装置第 1 部分~第 4 部分
 GB 12158 防止静电事故通用导则
 GB/T 12242 压力释放装置性能试验规范 (ASME PTC(25:1994,MOD)
 GB/T 14566.1~4 爆破片型式与参数第 1 部分~第 4 部分
 GB/T 15605 粉尘爆炸泄压指南 (VDI 3673-1:2002,NEQ)
 GB/T 15706 机械安全：设计通则——风险评估与风险减小 (ISO 12100:2010, IDT)
 GB/T 24920 石油化工用钢制压力释放阀 (API 526:2002,MOD)
 GB/T 24921.1 石化工业用压力释放阀的尺寸确定,选型和安装第 1 部分：尺寸的确定和选型 (API 520-1:2000,MOD)
 GB/T 24921.2 石化工业用压力释放阀的尺寸确定,选型和安装第 2 部分：安装 (API 520-2:2003,MOD)
 GB/T 28778 先导式安全阀 (ISD 4126-4:2004,MOD)
 GB 3836.12 爆炸性环境第 12 部分：气体或蒸汽混合物按照其最大试验安全间隙和最小点燃电流的分级(IEC 60079-12:1978,IDT)
 GB/T 20801.1 压力管道规范工业管道第 1 部分：总则
 GB/T 20801.3 压力管道规范工业管道第 3 部分：设计和计算

- GB 25285.1 爆炸性环境爆炸预防和防护第 1 部分：基本原则和方法(EN 1127.1:2007,MOD)
- GB 25286.1 爆炸性环境用非电气设备第 1 部分：基本方法和要求(EN 13463.1:2001,MOD)
- GB 31571 石油化学工业污染物排放标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50160 石油化工企业设计防火规范
- GB 50984 石油化工工厂布置设计规范
- SH/T 3007 石油化工储运系统罐区设计规范
- SH 3009 石油化工可燃气体排放系统设计规范
- SH 3136 液化球形储罐安全设计规范
- AQ/T 3033 化工建设项目安全设计管理导则
- ISO 10497:2010 Test of valves-Fire type-testing requirements 阀门试验阀门耐火试验要求
- ISO 16852:2008 阻火器一性能要求、试验方法和应用限制 (Flame arresters-Performance requirements,test methods and limits for use)
- ISO 23251:2008 石油、石油化工和天然气工业一泄压和减压系统 (Petroleum,petrochemical and natural gas industries-pressure-relieving and depressuring-systems (API 521-2008,IDT))
- IEC 60079-20-1:2010 爆炸性环境第 20-1 部分：气体和蒸汽物质特性分级一试验方法和数据 (Explosive atmospheres Part 20-1:Material Characteristics for gas and vapour classification-test methods and data)
- IEC 61511 功能安全：过程工业部门的安全仪表系统 (Functional Safety:Safety instrumented systems for the precess industry sector)
- ANSI/FCI 70-2-2006 控制阀阀座泄漏 (Control Valve Seat Leakage)
- ASME Boiler and pressure vessel code,VIII Division1, 2013 锅炉及压力容器规范第八卷第一册：压力容器建造规则 (Rules for construction of pressure vessels)
- ASME B31.3-2014 压力管道规范工艺管道 (ASME code for pressure piping, process piping)
- API STD 520-1-2008 炼油厂压力泄放装置的尺寸确定、选型和安装第一部分：尺寸确定和选型 (Sizing,Selection and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries Part 1-Sizing and Selection)
- NFPA 67-2013 在管道系统中气体混合物防爆指南 (Guide on Explosion Protection for Gaseous Mixture in Pipe Systems)
- NFPA 68-2013 爆燃泄放防爆标准 (Standard on Explosion protection by deflagration venting)
- NFPA 69-2014 爆炸防护系统标准 (Standard on Explosion preventing systems)

3 术语和定义

3.1

安全泄放装置 safety relief device

在非火灾或火灾事故情况下，安全泄放装置由进口静压力作用开启，泄放流体，以防止系统内压力超过预定的安全值。安全泄放装置包括安全阀、爆破片装置及爆破针阀等。

3.2

安全阀 safty valve

由弹簧作用或导阀控制的阀门。当入口处的静压超过设定压力时，阀瓣上升，流体泄放，以防止系统内压力超过预定的安全值，当压力降至回座压力时，可自动关闭的一种安全泄放装置。安全阀类型有普通型、平衡型和先导型。

3.3

爆破片装置 rupture disk device

由爆破片和夹持器组成的一种不重新闭合的安全泄放装置，当爆破片两侧的压力差达到预定温度下的预定值时，爆破片发生破裂或脱落。爆破片类型有，正拱型，反拱型，平板型和石墨等，形式由普通型，开缝型，带刀(槽)型，鳄齿型和脱落型等。

3.4

爆破针阀 buckling pin relief valve

由阀门和在阀体外装有爆破针的机盒组成的一种不重新闭合的安全泄放装置，爆破针通过机械传动机构承载阀盘上的载荷。当阀门进口静压力达到设定压力时，爆破针失稳弯曲，阀盘立即全开，泄放流体。爆破针阀有角型(angle)和直线型(inline)两种形式，结构分别类似于安全阀和蝶阀。

3.5

基本安全泄放装置 first safety relief device

当并联设置分级设定的多个安全泄放装置时，设定压力最低(\leq 系统设计压力或MAWP)的一个安全泄放装置称为基本安全泄放装置。在发生超压工况时，基本安全泄放装置首先开启。

3.6

附加安全泄放装置 additional safety relief device(s)

当并联设置分级设定的多个安全泄放装置时，对于非火灾工况，除了基本安全泄放装置以外的一个或几个安全泄放装置，称为附加安全泄放装置。

3.7

辅助安全泄放装置 supplemental safety relief device(s)

当并联设置分级设定的多个安全泄放装置时，对于火灾工况，除了基本安全泄放装置和附加安全泄放装置(如果有的话)以外的一个或几个安全泄放装置，称为辅助安全泄放装置。

3.8

独立压力系统 independent pressurize system

由一个或多个设备(容器)采用管道连接且中间无阀门隔断的，或不会产生阻塞的压力系统，其两端设有可与其他系统隔断的阀门。

3.9

系统设计压力 design pressure of system

受保护的独立压力系统的设计压力是考虑了系统的全部组件(设备和管道)允许的最大设计压力。

3.10

安全泄放装置设定压力 set pressure of the safety relief device

安全泄放装置开始泄放的压力，例如安全阀的开启压力，爆破片装置的爆破压力，或爆破针装置的断裂压力。设定压力必须符合独立压力系统中容器和管道的设计标准或规范的规定。见 4.1.5.1、4.1.5.2、4.1.5.3、4.1.5.4 和表 1。

3.11

最大泄放压力 maximum relieving pressure

在安全泄放装置泄压过程中，独立压力系统所承受的最大系统压力。最大泄放压力必须符合独立

压力系统中的容器和管道的设计标准或规范的规定。见 4.1.5.1、4.1.5.2、4.1.5.3、4.1.5.4 和表 1。

3.12

背压 back pressure

安全泄放装置出口处存在的压力，它是附加背压（superimposed back pressure）和积聚背压（built up back pressure）之和。

安全泄放装置开启后，由于介质流动在其出口处形成的压力增加，称为积聚背压。积聚背压是变动的。

安全泄放装置开启前，在其出口处存在的静压称为附加背压，附加背压可能是恒定的也可能是变动的。

3.13

安全泄放量 required relief capacity

为了防止系统超压，安全泄放装置必须泄放的流量。

3.14

最小泄放面积 minimum relief area

安全泄放装置全开启时的净流通面积。

3.15

切断阀 block valve or stop valve

用于隔断或连通管内流体的阀门。常用的切断阀包括闸阀、球阀、旋塞阀、蝶阀、隔膜阀以及阀孔大且流阻小的平面阀座截止阀。

3.16

阻火器 flame arrester

允许气体流动，而且能够阻止火焰和爆炸传播、蔓延的安全防护装置。

3.17

爆炸 explosion

剧烈的氧化或分解反应造成温度、压力或者两者同时升高。

3.18

爆燃 deflagration

以亚音速传播的爆炸。

3.19

爆轰 detonation

以超音速传播的爆炸，冲击波是其特征。

3.20

爆炸级别 explosion group

根据最大试验安全间隙（MESG），对易燃气体或蒸汽—空气混合物的分级。

3.21

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

标准试验条件下 (0.1Mpa、20℃)，火焰不能通过的最大狭缝宽度 (狭缝长为 25mm)。

4 安全泄放装置

4.1 一般规定

4.1.1 安装的安全泄放装置，应能够防止独立压力系统中的任一部分发生超压事故。

4.1.2 一般的自动控制仪表和报警联锁装置不得替代安全泄放装置作为系统的超压保护设施。但因为环境保护的原因不允许排放时，或者无法安装安全泄放装置的情况，经过完善的过程危险源评价 (PHA)，分析所有的超压工况，并得到有关部门的认可，可以采用系统设计 (即本质安全设计) 方法，或者安全完整性等级 (SIL) 不低于安全泄放装置的高完整性压力保护系统 (HIPS)，消除系统的超压原因，或者进行系统超压保护。

4.1.3 符合下列情况之一者，应设置安全泄放装置：

- a) 设计压力小于外部压力源的压力，出口可能被关断或堵塞的设备和管道系统；
- b) 出口可能被关断的容积式泵和压缩机的出口管道；
- c) 因冷却水或回流中断，或再沸器输入热量过多而引起超压的蒸馏塔顶的气相管道；
- d) 因不凝气体积聚产生超压的设备和管道系统；
- e) 加热炉出口管道中，切断阀或调节阀的上游管道；
- f) 因两端切断阀关闭，受环境温度，阳光辐射或伴热影响而产生热膨胀或汽化的管道系统；
- g) 因为冷却或搅拌失效、有催化作用的杂质进入、反应抑制剂中断，导致放热反应失控的反应器出口处切断阀上游的管道系统；
- h) 凝汽式汽轮机的蒸汽出口管道；
- i) 蒸汽发生器等产汽设备的出口管道；
- j) 低沸点液体 (液化气等) 容器的出口管道；
- k) 管程可能破裂的热交换器低压侧的出口管道；
- l) 因为风扇故障导致冷却负荷下降的空冷器管程出口管道；
- m) 可能暴露于外部火灾的设备和容器的出口管道；

对于具体的工艺过程，设计人员宜采用各种过程风险评价 (PRA) 方法，研究所有可能的超压工况。从环保和经济考虑，在识别导致超压工况的各种事故时，一般遵循下列准则：

- a) 任何单个事件是可信的；
- b) 两个顺序发生的相关事件是可信的；
- c) 同时发生两个或两个以上不相关的独立事件是不可信的。

4.1.4 独立压力系统应在适当的位置 (设备或管道) 设置一个或多个并联 (视超压工况和泄放量而定) 的安全泄放装置。

4.1.5 安全泄放装置的相关压力应按以下规定确定。

4.1.5.1 对于独立压力系统中设备或管道上的安全泄放装置，相关压力的确定应以系统设计压力 (或 MAWP) 为基准，且符合以下规定。

- a) 当安装一个安全泄放装置时，安全泄放装置的设定压力应不大于系统设计压力 (或 MAWP)。对于非火灾工况，最大泄放压力应不大于系统设计压力 (或 MAWP) 的 110% 和系统设计压力 (或 MAWP) 加 20Kpa 中的较大者；对于火灾工况，最大泄放压力应不大于系统设计压力 (或 MAWP) 的 121%。
- b) 当并联设置分级设定的多个安全泄放装置时，除一个基本安全泄放装置的设定压力应不大于系统设计压力 (或 MAWP) 之外，应满足下列要求 (表 1)：

- 1)对于非火灾工况,附加安全泄放装置的设定压力应不大于系统设计压力(或 MAWP)的 105%。且基本安全泄放装置和附加安全泄放装置的最大泄放压力应不大于系统设计压力(或 MAWP)的 116%和系统设计压力(或 MAWP)加 30Kpa 中的较大值。
- 2)对于火灾工况,辅助安全泄放装置的设定压力应不大于系统设计压力(或 MAWP)的 110%。且基本安全泄放装置附加安全泄放装置(如果有的话)和辅助安全泄放装置的最大泄放压力应不大于系统设计压力(或 MAWP)的 121%。

表 1 在非火灾和火灾工况下单个或多个并联设置的安全泄放装置设定压力和最大泄放压力的限制^[1]

事故类型		单个装置		多个并联装置	
		设定压力	最大泄放压力	设定压力	最大泄放压力
非火灾工况	单个装置或基本装置	100	110 ^[2]	100	116 ^[3]
	一个或n个附加装置	—	—	105	116 ^[3]
火灾工况	单个装置或基本装置	100	121	100	121
	一个或n个附加装置	—	—	105	121
	一个或n个辅助装置	—	—	110	121

注[1]:表中所有数值是系统设计压力(或最大允许工作压力 MAWP)的百分数。

[2]:取 100%系统设计压力(或 MAWP)和系统设计压力(或 MAWP)加 20KPa 中的较大值。

[3]:取 116%系统设计压力(或 MAWP)和系统设计压力(或 MAWP)加 30KPa 中的较大值。

4.1.5.2对于防止两端关闭的液体管道受热膨胀发生超压的安全泄放装置,不需要其他附加要求,其设定压力允许超过系统设计压力(或 MAWP),但应不大于系统设计压力(或 MAWP)的 120%和系统试验压力中的较小值。而且最大泄放压力应不超过 GB/T 20801.3 的 4.2.3.4 规定的允许变动幅度,即系统设计压力(或 MAWP)的 133%或 120%。

4.1.5.3对于单纯的管道超压保护除上述两种情况,对于短时间超压,在满足 GB/T20801.3 中 4.2.3.3 要求的条件下,最大泄放压力应不超过 GB/T20801.3 中 4.2.3.4 规定的允许变动幅度,即系统设计压力(或 MAWP)的 133%或 120%。

4.1.5.4对于有 GC1 级管道的独立压力系统的超压保护,安全泄放装置的设定压力应不大于系统设计压力(或 MAWP),且最大泄放压力应不超过系统设计压力(或 MAWP)的 110%。

4.1.5.5背压的影响和限制

a) 安全阀

普通型安全阀积聚背压超过 10%设定压力,泄放量快速下降,并发生颤振(Flutter)或频跳(Chatter),损坏阀门和管道。平衡型安全阀总背压(附加背压加积聚背压)不超过约 50%设计压力,可稳定操作,但泄放量随背压升高有所降低。先导型安全阀的操作和泄放量不受背压影响。

b) 爆破片装置

爆破片装置不会产生积聚背压的影响,而附加背压会使爆破片装置的设计和选择复杂化。对于恒定背压,只需校正设计压力,但是排放至封闭系统(如总管)的附加背压是变动的,可能导致爆破片提前或滞后破裂,则需要增设背压或真空支架,或者在其下游串联一个爆破片装置或平衡型安全阀。

c) 爆破针阀

爆破针阀不会产生积聚背压问题。且设计成不受背压影响结构(角型形针阀的阀栓本身不受背压影响,直线型针阀通过导压管将阀前压力引至机盒直接作用于爆破针,也没有背压影响)。背压不会影响爆破针阀的操作性能。

对于各种安全泄放装置,背压都会提高泄放压力,必须防止不超过最大泄放压力。

4.1.6安全泄流量和最小泄放面积的确定应符合以下规定。

4.1.6.1典型超压工况下，需要的安全泄流量应按以下规定确定（表2）：

- a) 若系统的某个部位有几种超压工况，则应分别计算每种超压工况的安全泄流量，并取其中的最大值为该部位的安全泄流量。
- b) 安全泄流量的计算应符合附录A的规定，附录A中未规定的其他超压工况的安全泄流量计算，可参考GB/T24921.1-2010和ISO23251:2008的相应规定。

表2 典型超压工况下确定安全泄流量准则

序号	超压工况	液体泄放 ^a	蒸汽泄放 ^a
1	容器出口关闭	最大液体泵入流量	水蒸气和蒸气总进入量，加上泄放条件下产生的水蒸气和蒸气。
2	冷却器冷却水故障	---	在泄放条件下进入冷凝器的蒸气总量
3	塔顶回流故障	---	水蒸气和蒸气总进入量，加上泄放条件下产生的水蒸气和蒸气减去被侧线回流冷凝的蒸气
4	侧线回流故障	---	泄放条件下进入蒸气和排出蒸气之差额
5	至吸收塔的贫油故障	---	通常没有
6	不凝气体的积聚	---	在塔中产生的结果与第2项相同，在其他容器中产生的结果，与第1项相同
7	高挥发物的进入：	---	采用避免这种情况的替代防护方法。见第15项换热器管子破裂的导则
	a) 水进入热油	---	
	b) 轻烃进入热油	---	
8	储罐或缓冲罐装料过满	最大液体泵入流量	---
9	自动控制故障	---	对于各种情况逐个进行分析（如，进口、出口控制装置、旁路、故障保持阀位的阀门或节流阀故障）
10	异常工艺热量或蒸汽进入	---	估计因过热产生的最大的蒸汽量和不凝气体量
	a) 异常工艺热量进入		
	b) 不当心开启阀门		
	c) 节流阀故障		
11	内部爆炸或瞬变压力冲击（如水锤，气锤或冷凝液锤击）	常规的泄压装置不能控制，而是要避免事故发生	常规的泄压装置不能控制，而是要避免事故发生。可燃气体或粉尘爆燃（不包括爆轰）泄放应遵循NFPA 68和GB/T15605的规定
12	化学反应	---	从正常和失控两种条件来估算蒸汽产生量，要考虑两相的影响
13	液体膨胀：	按被关闭的冷液体受热膨胀确定要求的泄流量	---
	a) 冷液体关闭在里面		
	b) 工艺装置区域外部管线液体关闭在里面		
14	外部火灾	---	按暴露于外部池火中容器内液体浸润面积吸收热量产生蒸汽和气体量（详见ISO23251:2008）
15	传热设备故障	穿过破裂处的液体流量等于1根管子内横截面积2倍的流量。	穿过破裂处的水蒸气或蒸汽流量等于1根管子内横截面积2倍的流量
	a) 换热器管子破裂		
	b) 套管		

	c) 板和框		
16	动力故障（水蒸气，电或其他）	---	研究装置情况，以确定动力故障的影响，按可能出现的最坏情况来确定安全泄放装置的尺寸
	a) 蒸馏塔	---	所有的泵失效，从而导致回流和冷却水故障
	b) 反应器	---	考虑搅拌或搅动、淬冷或抑制物流故障，按失控反应产生的蒸汽确定安全泄放装置的尺寸
	c) 空冷器	---	风扇故障，按正常和紧急事故的负荷差额确定安全泄放装置的尺寸
	d) 缓冲容器	最大液体进入流量	---

a 要考虑泄放压力高于操作压力而引起泄放量的减少

4.1.6.2 最小泄放面积应按以下规定确定：

- 根据安全泄放量、最大泄放压力、泄放流体温度、安全泄放装置的额定泄放系数以及流体的物理性质，计算安全泄放装置的最小泄放面积。
- 安全阀和爆破片装置的最小泄放面积，应按本部分附录 A 的规定计算。
- 选用的安全泄放装置的实际泄放面积应不小于最小泄放面积。

4.1.7 安全泄放装置的进、出口侧不得安装切断阀。因安全泄放装置检测、维修和更换需要，安装的切断阀应符合下列要求：

- 切断阀应是全通径的，或者其压力降不会影响安全泄放装置的正常工作和要求的安全泄放量。
- 在全开或关闭位置，切断阀应能被锁定或铅封，正常工作时切断阀应被锁定或铅封在全开位置，关闭应在授权人员的监督下进行。

4.1.8 安全泄放装置的入口管道应满足以下规定：

- 管径至少应等于安全泄放装置的进口尺寸，入口管道的长度应尽可能短。为了防止安全阀颤振和频跳，影响泄放性能及破坏阀座密封面，入口管道的不可回收总压力损失应不超过安全阀 3% 的设定压力。
- 在往复式压缩机排出口管道上安装安全泄放装置时，脉动阻尼器或孔板的设置应紧靠压缩机，且脉动阻尼器或孔板至安全泄放装置的直管段的距离至少应为 10 倍的管径。

4.1.9 安全泄放装置的出口管道应满足以下规定：

- 泄放至大气的管道出口应朝向安全地点，安全泄放装置、泄放管道及其支承应有足够的强度承受泄放反力。
- 排放至密闭系统（经泄放总管至排气筒、火炬系统、收集容器或其他处理系统）的出口管道和泄放总管的背压应不超过安全泄放装置允许的最大背压。
- 应考虑因低沸点液体（液化气等）在降压闪蒸时产生骤冷对管道材料的低温脆裂影响。

4.2 安全泄放装置的选用

设计人员应根据泄放介质和过程超压工况的特征，以及安全泄放装置的性能，选择合适的安全泄放装置形式。安全泄放装置的选用应符合相关标准和规范的规定。安全泄放装置产品应经过有资质的第三方机构按相关的标准规范测试和鉴定。

4.2.1 安全阀的选用应符合以下规定：

- 宜用于要求减少环境污染和物料损失的场合；
- 适用于较清洁、无颗粒、无聚合物和低粘度的介质；
- 应按照介质的相态（气、液和气液二相流）选用阀门形式。用于气体和用于液体的阀门内件是不同的，液体采用气体内件的阀门会提高最大泄放压力，减少泄放量，甚至发生“水锤”。对于二相流，在不能准确地确定泄放量和/或二相的比例时，应选用调节型先导型阀门；

- d) 用于存在变动背压的工况，应按照背压的大小选用阀门形式（见 4.1.6.5）；
- e) 低温工况（如液化天然气），宜选用密封性良好的先导型阀门，以防止泄漏导致“冻结”密封面或破坏波纹管，导致阀门失效；
- f) 高温工况应选用适合高温的金属密封件和弹簧材料；
- g) 用于往复式压缩机出口管道的阀门宜选用在导阀的导压管上该设置脉动阻尼器的先导型阀门；
- h) 不适用于压力急剧上升的工况（如失控放热反应超压、内部爆燃、水或汽锤）。

4.2.2 爆破片装置的选用应符合以下规定：

- a) 适用于压力迅速上升的场合，例如，失控放热反应等；
- b) 适用于含固体颗粒、易沉淀结晶、易聚合和高粘度介质；
- c) 适用于不允许泄漏的介质，例如，极度危险、甲乙类可燃气体和液体等；
- d) 需要使用特种材料（如哈氏合金、锆和钽等）的强腐蚀性介质；
- e) 因泄放量，压力和/或温度过高或过低不宜用安全阀的场合；
- f) 不宜用于泄放大量有害物质会造成重大安全和环境后果的场合；
- g) 不宜用于系统压力和/或温度循环工况导致爆破片拉伸疲劳破坏的场合；
- h) 不宜用于有变动附加背压的场合（如泄放至排压总管等）；
- i) 应根据泄放介质和超压工况特征，选用合适的爆破片装置形式。
 - 1) 用于潜在爆炸性环境的爆破片装置必须确保在爆破时不产生火花、静电等点燃源；
 - 2) 用于安全阀上游的爆破片装置在爆破时不应产生碎片；
 - 3) 用于液体的爆破片装置必须是适合于全液相的形式；
 - 4) 用于高粘度、易聚合、易结垢的爆破片装置宜选用物料流动能横向冲刷的正拱爆破片表面的形式；
 - 5) 存在超压和真空两种工况的场合，应选用具有超压和真空双重保护功能的形式，或者并联设置分别具有超压和真空保护功能的两个爆破片装置。

4.2.3 爆破针阀的选用应符合以下规定：

- a) 爆破片装置使用的工况都可用爆破针阀；
- b) 适用于存在变动的积聚背压和附加背压的场合；
- c) 适用于因压力和/或温度循环工况，不宜用安全阀和爆破片装置的场合；
- d) 适用于因要求较高操作比（如 95%），不宜用爆破片装置的场合；
- e) 适用的温度范围受密封材料限制，通常为-40℃~250℃，（用于 LNG 的特殊低温密封结构可达-196℃）。

4.2.4 以下情况应采用爆破片装置和安全阀的组合装置：

- a) 串联使用（爆破片装置或爆破针阀在安全阀入口）；
 - 1) 保护安全阀不受工艺介质腐蚀、堵塞或其他不利因素（如背压）影响；
 - 2) 防止安全阀泄漏；
 - 3) 安全阀可减少爆破片破裂后的泄放损失；
 - 4) 安全阀的在线检测。
- b) 串联使用（爆破片装置或爆破针阀在安全阀出口）；
保护安全阀不受泄放总管中气体的腐蚀。
- c) 并联使用。

- 1)一开一备。在要求持续保持超压保护时，应设置备用装置，并宜采用快速切换三通阀；
- 2)分级设定几个安全泄放装置（见 4.1.5.1 及表 1），适用于：
 - (1) 在采用安全阀，并泄放量很大时，可节省购置费用；
 - (2) 多种超压工况时，可减少总泄放量；
 - (3) 安全阀可能失效时，可设置能满足火灾工况泄放要求的爆破片装置为辅助安全泄放装置；
- 3)并联设置一个防超压爆破片装置和一个防真空爆破片装置代替结构较复杂的双作用爆破片装置（见 4.2.2.i) 的 5））。

5 阻火器

5.1阻火器的应用

5.1.1阻火器的应用应符合 ISO16852:2008、NFPA67-2013、NFPA69-2014、GB50058-2014、GB25285.1-2010、AQ/T3033-2010 的相关规定。

5.1.2在石油化工装置中，有大量的、各种潜在爆炸性环境用非电气设备，包括机械类设备、非机械类设备以及连接管道系统。阻火器是非电气设备防爆主要的安全防护设施。

5.1.3潜在爆炸性环境用非电气设备的爆炸风险评估

各种非电气设备应通过爆炸风险评估来确定爆炸风险和保护级别。

a) 有效点燃源识别

点燃源包括电气的（电火花、电弧、静电、雷电、杂散电流）、机械的（摩擦、碰撞、切割、焊接）、热学的（热表面、热颗粒、高温气体、辐射热、外部火灾或明火）、流体力学的（绝热压缩、冲击波）、光学、声学的（紫外线、红外线、激光、电磁波、电离辐射、超声波）、化学的（失控放热反应、催化作用、自燃）等。确定点燃源发生和生效的概率。

b) 爆炸性气体环境危险区域划分

不仅对于装置的设备外部区域划分危险区域等级，而且对于潜在的爆炸性环境用非电气设备及连接管道系统的内部空间划分危险区域等级。参照 GB50058-2014 条文说明 3.2.1 表 1，对于爆炸性气体混合物出现的频繁程度和持续时间以频率或概率表示的方法，如表 3 所示。

表 3 爆炸性气体环境危险区域划分和爆炸性气体混合物出现频率的典型关系

区域	爆炸性气体混合物出现的频繁程度和持续时间	出现的频率（概率）*
0 区	连续出现或长时间出现	$\geq 1000\text{h/a}$ (10%)
1 区	在正常运行时可能出现	$> 10\text{h/a}$, 且 $< 1000\text{h/a}$ (0.1%~10%)
2 区	在正常运行时不太可能出现。	$> 1\text{h/a}$, 且 $< 10\text{h/a}$ (0.01%~0.1%)
非危险区	不足以形成爆炸性气体环境	$< 1\text{h/a}$ ($< 0.01\%$)

*概率计算按 8760 h/a，近似取整为 10000 h/a。

c) 爆炸是造成人员伤亡和财产损失的最大生产事故

根据爆炸事故的后果，特别对于灾难性的爆炸事故评估，不仅要考虑正常操作和可预期故障场景，还要考虑罕见的故障场景。

d) 高等级后果爆炸事故的安全保护层矩阵方法

爆炸性气体环境危险区域划分和点燃源出现的频率组成安全保护层矩阵，如表 4 所示。矩阵中的数字是为了达到安全必须采用的独立安全保护层（或安全保护设施）数目。

表 4 高等级后果爆炸事故的安全保护层矩阵

点燃源出现频率	爆炸性气体环境危险区域划分			
	0 区	1 区	2 区	非危险区
持续	3	2	1	0
有时	2	1	0	-
罕见	1	0	-	-
从来没有	0	-	-	-

5.1.4 阻火器设置

根据爆炸风险评估, 以及工程实践, 应在下列储罐、容器等非机械类设备, 机械类设备, 以及连接管道设置阻火器:

- 易燃液体常压储罐以及低温储罐的通气口和呼吸阀进、出口;
- 燃烧设备(火炬, 焚烧炉, 氧化炉等)的入口;
- 有持续点燃源和 0 区的机械设备(风机, 真空泵, 压缩机等)进、出口;
- 近海/钻井平台、码头、铁路、公路、装卸可燃液体或气体的终端站, 以及装卸可燃化学品的槽船、槽罐车的呼吸阀和气体置换/返回管线;
- 沼气系统、污水处理和垃圾填埋气系统的中间气体储罐的呼吸阀以及气体总管;
- 加工可燃化学品并联设备(如反应器)系统、可燃溶剂回收系统、可燃气体或蒸汽回收系统、可燃尾气处理系统的单台设备或系统的气体或蒸汽出口, 以及集合总管进入可能有点燃源的处理设备(如火炬、焚烧炉、氧化炉、活性炭吸附槽、储罐等)的进口;
- 可能发生失控放热反应、自燃反应、自分解反应的反应器或容器至大气或不耐爆炸压力的容器的出口;
- 输送可能发生爆燃或爆轰的爆炸性气体或蒸汽的管道;
- 可燃气体或蒸汽在线分析设备的放空总管;
- 进入爆炸性气体环境危险区域的内燃发动机的排气总管;
- 经爆炸风险评估, 要求设置阻火器的其他位置。

5.2 阻火器的选用

5.2.1 阻火器的选用, 应符合 ISO16852:2008、IEC60079-20-1:2010、NFPA67-2013、NFPA69-2014、GB3836.12-2008、GB50058-2014 的相关要求。

5.2.2 爆炸性气体混合物的级别

最大试验安全间隙(MESG)是爆炸性气体混合物的分级依据,也是间隙隔爆原理阻火器选用的主要参数。按表 5, 从 II A1 至 II C, MESG 数值减小, 爆炸性气体混合物危险性级别从低至高。爆炸性气体混合物选用阻火器的间隙必须小于该气体混合物的 MESG 才能起阻火作用。

- 纯物质的 MESG

附录 B 列出其中部分化合物的 MESG 数值。

表 5 爆炸级别和相对应的 MESG 及试验气体

爆炸级别	MESG/mm	试验气体
II A1	≥ 1.14	甲烷
II A	> 0.90	丙烷
II B1	≥ 0.85	乙烯
II B2	≥ 0.75	乙烯
II B3	≥ 0.65	乙烯

II B	≥ 0.5	氢
II C	< 0.5	氢

b) 多组分气体和蒸汽混合物的 MESG

确定多组分混合物的 MESG 的方法有：

- 1) 咨询有资质的机构；或委托用标准方法测试；
- 2) 采用危险性最高组分的最小 MESG，作为混合气体的 MESG；
- 3) 采用经验公式计算混合气体的 MESG。例如，GB50058-2014 条文说明 5.2.3 引用 NFPA497-2008 的 Le Chaterlier 关联式。

假如有组分对其他组分起催化组分，则混合气体的危险性可能比 MESG 最小组分更大。

c) 温度和压力对 MESG 的影响

温度升高或压力增加，都会使 MESG 减小，即危险性增加。

5.2.3 阻火器的类别

阻火器的类别如图 1 所示。按照阻火器安装位置、燃烧过程时间、爆炸过程特征、保护端管道特征以及工艺要求来选择合适的阻火器类别。

阻火器的选择应符合以下规定：

- a) 管端型阻火器不能用作管道型阻火器；
- b) 管道型阻火器不耐长时间燃烧。

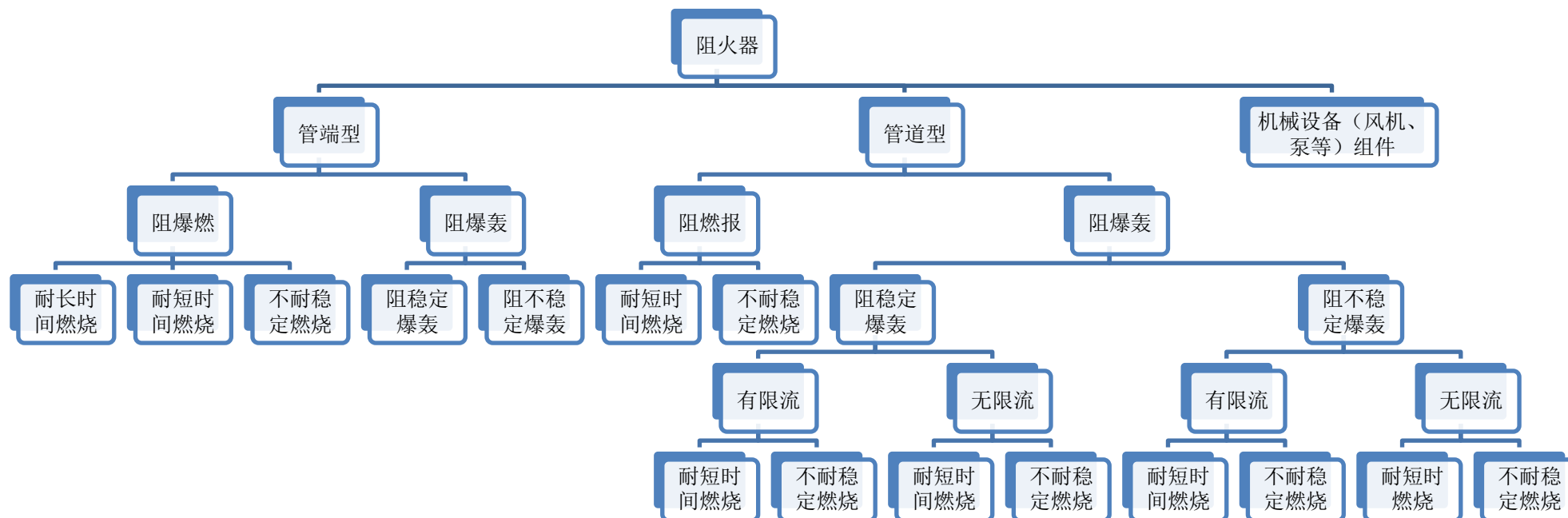


图 1 阻火器的类别

6 其他安全保护装置

6.1 火灾紧急切断阀

6.1.1 为了防止在发生火灾和爆炸时大量危险介质泄漏，扩大火灾和爆炸区域范围，减轻火灾和爆炸事故后果，应在可能导致危险介质大量泄放的设备接管和管道上设置火灾紧急切断阀（FEBV）。

6.1.2 火灾紧急切断阀和安全泄放装置都属于物理（机械）保护层，是防止事故发生和减缓事故后果的最后屏障。

6.1.3 大型液化气体及剧毒化学品等储罐应采用过程危险源评价（PHA）确定是否需要设置火灾紧急切断阀。

6.2 机械连锁装置

6.2.1 以下运行和维修状况操作时，应设置机械连锁装置：

- a) 安全泄放装置进、出口切断阀运行和维修状况操作；
- b) 火炬系统气体排放和气体回收切换阀和放空阀运行和维修状况操作；
- c) 聚乙烯装置脱气仓与高压氮气罐之间切断阀运行和维修状况操作；
- d) 醋酸乙烯-乙烯共聚乳液（VAE）充氮阀运行和维护状况操作；
- e) 精细化工装置间歇反应釜和半间歇反应釜多种物料加料阀和分段程序加料阀操作（当物料加错或加料程序出错会造成重大事故时）。

7 安全防护

7.1 一般规定

采取安全防护措施时，应考虑一下因素：

- a) 由流体性质以及操作压力和操作温度确定的流体危险性；
- b) 由管道材料、结构、连接形式及其安全运行经验确定的管道安全性；
- c) 管道一旦发生损坏或泄漏，导致流体的泄漏量及其对周围环境、设备造成的危害程度；
- d) 管道事故对操作人员、维修人员和一切可能接触人员的危害程度。

7.2 工厂布置中的安全防护

- a) 露天化的设备布置应符合以下规定：
 - 1) 生产区和居民区之间、装置之间，建、构筑物之间以及设备之间应保持一定的安全距离；
 - 2) 装置内的主要行车道，消防通道以及安全疏散通道的设置应符合 GB 50984、GB 50160 和 GB 50016 的规定；
 - 3) 应对接近生产装置的人员予以控制；
 - 4) 应设置必要的坡度、排放沟、防火堤和隔堤。
- b) 可燃、有毒流体应排入封闭系统内，不得直接排入下水道及大气。
- c) 密度比环境空气大的可燃气体应排入火炬系统，密度比环境空气小的可燃气体，在不允许设置火炬及符合卫生标准的情况下，可排入大气。
- d) 可燃气体管道的放空管管口及安全泄放装置的排放位置应符合 GB 50160、GB 50984 及 GB 31571 的规定。
- e) 架空管道穿过道路、铁路及人行道等的净空高度，以及外管廊的管架边缘至建筑物或其他设施的水平距离应符合 GB 50160、GB 50016 及 GB 50984 的规定，管道与高压电力线路间

交叉净距应符合架空线路相关标准的规定。

- f) 位于通道、道路和铁路上方的管道不应安装阀门、法兰、螺纹接头以及带有填料的补偿器等可能发生泄漏的管道组成件。
- g) 在可通行管沟内不得布置 GC1 级管道。

7.3 生产管理中的安全防护

- a) 应建立各项安全生产管理制度，包括生产责任制，安全生产和维修人员教育和培训制度，有危险性工作的操作许可制度（如动火规程等），安全生产检查制度，事故调查、报告和责任制度以及安全监察制度等。
- b) 应制定安全可靠的操作规程，以及停水、停电等情况下事故停车的程序，以尽可能减少对管道的损害和减少操作人员、维修人员及其他人员接触危险性管道的可能性。
- c) 建立管道管理系统数据库，包括管道目录库、管道故障记录库、管道检测报告库以及管道检修报告库等。

7.4 安全防护设施和措施

- a) 灭火消防系统和喷淋设施应包括：建构筑物的防火结构（防火墙、防爆墙等），去除有毒、腐蚀性或可燃性蒸汽的通风装置、遥测和遥控装置以及紧急处理有害物质的设施（贮存或回收装置、火炬或焚烧炉等）。
- b) 在脆性材料管道系统或法兰、接头、阀盖、仪表或视镜处应设置保护罩，以限制和减少泄漏的危害程度。
- c) 在充满液体管道中可能发生“水锤”，或在存有可压缩性流体管道中可能发生“汽锤”的情况，宜根据流体力学分析结果，采取适当的防护措施。
- d) 应采用自动或遥控的紧急切断、过流量阀、附加的切断阀、限流孔板或自动关闭压力源等方法限制流体泄漏的数量和速度。
- e) 处理事故用的阀门（如紧急放空、事故隔离、消防蒸汽、消防栓等），应布置在安全、明显、方便操作的地方。
- f) 对于进出装置的可燃、有毒物料管道，应在界区边界处设置切断阀，并在装置侧设“8”字盲板，以防止发生火灾时相互影响。
- g) 应设置必要的防护面罩、防毒面具、应急呼吸系统、专用药剂、便携式可燃和有毒气体检测报警系统等卫生安全设备，在可能造成人体意外伤害的排放点或泄漏点附近应设置紧急淋浴和洗眼器。
- h) 对于有辐射性的流体管道，应设置屏蔽保护和自动报警系统，并应配置专用的面具、手套和防护服等。
- i) 对爆炸、火灾危险场所内可能产生静电危险的管道系统，均应采取静电接地措施，如可通过设备、管道及土建结构的接地网接地，法兰跨接。其他防静电要求应符合 GB 12158 的规定。
- j) 盲板设置应符合以下规定：
 - 1) 当装置停运维修时，对装置外可能或要求继续运行的管道，在装置边界处除设置切断阀外，还应在阀门靠装置一侧的法兰处设置盲板。
 - 2) 当运行中的设备需切断检修时，应在阀门与设备之间法兰接头处设置盲板。当有毒、可燃流体管道、阀门与盲板之间装有放空阀时，对于放空阀后的管道，应保证其出口位于安全范围之内。
- k) 公用工程（蒸汽、空气、氮气等）管道与 GC1 级、GC2 级管道连接时，应符合以下规定：

- 1)在连续使用的公用工程管道上应设置回阀，并在其根部设切断阀；
 - 2)在间歇使用的公用工程管道上应设两道切断阀，并在两阀间设检查阀。
- 1) 生产装置内建筑物、构筑物应按 **GB 50057** 设置防雷措施。露天布置的塔器、容器；可燃气体、液体和粉尘的储罐和料仓，特别是可能泄放或泄漏可燃气体或粉尘的储罐和料仓必须按 **GB 50057** 设置防雷措施和/或防雷接地设施。

附录 A
(资料性附录)
安全泄放装置的计算

A.1 符号

A ——安全泄放装置的最小泄放面积，单位为平方毫米 (mm^2)；

A_r ——容器受热面积，单位为平方米 (m^2)；

C ——气体特性系数，可查表 A-1 或按下式求取；

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

C_{pt} ——液体定压热容，单位为千焦每千克度 ($\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)；

F ——系数；

地面以下用沙土覆盖时， $F=0.3$ ；

地面上时， $F=1.0$ ；

大于 $10\text{L/m}^2 \cdot \text{min}$ 喷淋装置下时， $F=0.6$ ；

G ——质量流率，单位千克每秒·平方米 ($\text{kg/s} \cdot \text{m}^2$)；

H ——最大输入热量，单位为千焦每小时 (kJ/h)；

K ——安全泄放装置有效泄放系数；

在初步选用计算中有效泄放系数 K 可采用：

安全阀：气体和蒸汽：0.975；液体：0.62；二相流计算中轻微过冷液体：0.65；二相混合物和饱和液体：0.85。

爆破片装置：气体 K 值与爆破片装置入口管道形状有关，如图 A-1 所示。当管道形状不易确定时：0.62；液体：0.62。

爆破针阀：气体：0.8；液体：0.68。

(安全泄放装置产品的额定泄放系数是制造商按相关标准试验的平均系数乘以 0.90 来确定，并得到第三方鉴证。其值小于有效泄放系数)。

K_b ——波纹管型安全阀的背压修正系数。由制造商提供或参照 GB/T 24921.1。适用于气体、蒸汽和二相混合物；

K_c ——安全阀的组合修正系数。安全阀上游安装爆破片装置或爆破针阀时 $K_c=0.9$ ，不安装时 $K_c=1.0$ 。

k ——气体绝热指数；

M ——气体的摩尔质量，单位为千克每千摩尔 (kg/kmol)；

P_c ——二相混合物临界压力，单位为兆帕 (MPa) (绝压)；

P_d ——安全泄放装置的最大泄放压力，单位为兆帕 (MPa) (绝压)；

P_o ——安全泄放装置出口侧压力，单位为兆帕 (MPa) (绝压)；

P_s ——二相混合物的饱和蒸汽压力，单位为兆帕 (MPa) (绝压)；

Q_s ——二相流计算中的安全泄放量，单位为升每分 (l/min)；

q ——在泄放压力下，液体汽化潜热，单位为千焦每千克 (kJ/kg)；

$S.G$ ——液体的比重；

T ——安全泄放装置的泄放温度，单位为绝对温度 (K)；

t ——最大泄放压力下介质的饱和温度，单位为摄氏温度 ($^\circ\text{C}$)；

- V_s ——液体安全泄放量，单位为立方米每小时 (m^3/h)；
- v ——进口管最大气体流速，单位为米每秒 (m/s)；
- W_s ——安全泄放量，单位为千克每小时 (kg/h)；
- Z ——在最大泄放压力及温度下，气体的压缩系数；
- α ——液体的体积膨胀系数， $1/^\circ C$ ，可查表 A-2；
- δ ——保温层厚度，单位为米 (m)；
- λ ——常温下绝热材料的导热系数，单位为千焦每米·小时·度 ($kJ/m \cdot hr \cdot ^\circ C$)；
- μ ——液体的动力粘度，千克每米·秒 ($kg/m \cdot s$)；
- ξ ——安全泄放装置的液体动力粘度修正系数，根据雷诺数 $Re = \frac{0.3134W_s}{\mu v A}$ 由图 A-2 查取；当液体粘度等于或小于水的粘度时，取 $\xi=1$ 。
- v_0 ——安全泄放装置入口状态下二相混合物比容，单位为立方米每千克 (m^3/kg)；
- v_g ——安全泄放装置 90% 入口压力下二相混合物比容，单位为立方米每千克 (m^3/kg)；
- ρ_s ——安全泄放装置入口状态下气体密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)；
- ρ_l ——安全泄放装置入口状态下液体密度；单位为千克每立方米 (kg/m^3)；
- ρ_g ——对应安全泄放装置入口温度下，90% 入口液体饱和蒸汽压 P_s 时的二相混合物密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)；
- η_0 ——背压比， $\eta_0 = P_0/P_d$ ；
- η_c ——临界压力比， $\eta_c = P_c/P_d$ ；
- η_s ——饱和蒸汽压力比， $\eta_s = P_s/P_d$ ；
- η_{st} ——转变饱和压力比，见式 (A.18)；
- ω ——欧米伽参数，见式 (A.12)；
- ω_s ——饱和欧米伽参数，见式 (A.17)。

A.2 独立压力系统的安全泄放量计算

当中间无阀门关断的管道系统与相连接的几个设备（容器）一起作为一个独立的被保护压力系统，用一个或几个设置在容器上或管道上的安全泄放装置保护时，其安全泄放量采用压力容器安全泄放量的计算方法，但应将管道系统和相连接的容器都包括在内。

单纯的管道系统的超压主要发生在充满液体的封闭管道系统中，液体受热膨胀可能发生超压。若安全泄放装置设定压力大于液体蒸汽压，则安全泄放量按液体热膨胀计算，反之按液体汽化计算。

A.2.1 压缩气体和蒸汽的安全泄放量

A.2.1.1 蒸汽发生器等产生蒸汽换热设备的系统安全泄放量按式(A.1)计算：

$$W_s = H/q \dots\dots\dots (A.1)$$

A.2.1.2 压缩气体系统的安全泄放量，按式(A.2)算：

$$W_s = 2.83 \times 10^{-3} \rho_s v d^3 \dots\dots\dots (A.2)$$

A.2.2 液化气体的容器和管道系统安全泄放量

A.2.2.1 易爆液化气体或位于有可能发生火灾的环境下工作的非易爆液化气体

a) 无绝热保温层时，安全泄放量按式(A.3)计算：

$$W_s = \frac{2.55 \times 10^5 F A_r^{0.82}}{q} \dots\dots\dots (A.3)$$

b) 有完善的绝热保温层时，安全泄放量按式(A.4)计算：

$$W_s = \frac{2.61(650 - t)\lambda A_r^{0.82}}{\delta q} \dots\dots\dots (A.4)$$

A.2.2.2非易爆液化气体在无火灾危险的环境下工作时，安全泄放量根据有、无保温层计算，不小于式(A.3)或式(A.4)的计算值的30%。

A.2.3因化学反应而导致超压者，安全泄放量按化学反应可能生成的最大气量和反应时间来确定。

A.2.4充满液体的封闭管道系统中液体受热膨胀的安全泄放量。

在受热后，液体的饱和蒸汽压小于安全泄放装置设定压力时（或最大标定爆破压力），按式(A.5)计算：

$$V_s = 0.003605 \frac{\alpha \cdot H}{S.G. \cdot C_{pl}} \dots\dots\dots (A.5)$$

A.2.5充满液体封闭管道系统中液体受热汽化的安全泄放量。

受热后，液体饱和蒸汽压大于安全泄放装置设定压力(或最大标定爆破压力)时，按式(A.6)计算：

$$W_s = H/q \dots\dots\dots (A.6)$$

A.3安全泄放装置的最小泄放面积计算

A.3.1气体

A.3.1.1临界流动： $\frac{P_o}{P_d} \leq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$

$$A = 13.16 \frac{W_s}{CKK_b K_c \zeta P_d} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \dots\dots\dots (A.7)$$

A.3.1.2亚临界流动： $\frac{P_o}{P_d} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$

$$A = 1.79 \times 10^{-2} \frac{W_s}{KK_b K_c \zeta P_d \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_o}{P_d}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_o}{P_d}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \dots\dots\dots (A.8)$$

A.3.2饱和蒸汽

饱和蒸汽中蒸汽含量不小于98%，最大过热度为10℃。

A.3.2.1当 $P_d \leq 10\text{MPa}$ 时:

$$A = 0.19 \frac{W_s}{KK_b K_c \zeta P_d} \dots\dots\dots (A.9)$$

A.3.2.2当 $10\text{MPa} < P_d < 22\text{MPa}$ 时:

$$A = 0.19 \frac{W_s}{KK_b K_c \zeta P_d} \left(\frac{33.2 P_d - 1061}{27.6 P_d - 1000} \right) \dots\dots\dots (A.10)$$

A.3.3液体

$$A = 0.196 \frac{W_s}{KK_b K_c \zeta \sqrt{\rho_l (P_d - P_o)}} \dots\dots\dots (A.11)$$

对于黏滞性流体的泄放面积计算程序如下:

- a) 假设为非滞性流体, 取 $\zeta=1.0$ 按式(A.11)计算出初始的泄放面积与相应的直径, 并向上圆整到产品系列化规格最近的公称直径及相对应的泄放面积;
- b) 根据 a)计算出的圆整后泄放面积按式(A.11)及 $\zeta=1.0$ 计算泄放量 W ;
- c) 根据 b)计算出的 W 及 a)计算出的圆整后泄放面积按式 $Re = 0.313 \frac{W}{\mu \sqrt{A}}$ 计算雷诺数, 由图

A-2 查得 ζ 值按式(A.11)重新计算泄放量 W ;

若 $W \geq W_s$, 则该直径(面积)即为所求; 若 $W < W_s$, 则采用大一档的产品公称直径相对应的泄放面积代替 a)计算出的圆整后泄放面积重复 b)~d)的计算, 直至 $W \geq W_s$ 。

A.3.4气液二相

气液而相流工况安全阀最小泄放面积计算建议采用 API STD 520 Part 1-2008,8th Ed 的方法。气液二相流泄放工况可分为四种类型:

- 1) 不含不凝气的饱和液相或二相流通过安全阀, 阀后有闪蒸;
- 2) 含有不凝气或饱和气体的高度过冷液体通过安全阀, 阀后无闪蒸;
- 3) 含有不凝气的过冷或饱和液体通过安全阀, 阀后有闪蒸;
- 4) 不含不凝气的过冷或饱和液体通过安全阀, 阀后有闪蒸。

A.3.4.1前三种类型的流体

- a) 计算欧米伽参数 ω

$$\omega = 9 \left(\frac{V_g}{V_o} - 1 \right) \dots\dots\dots (A.12)$$

- b) 确定临界压力 P_c
- c) 临界压力比:

$$\eta_c = \left[1 + \left(1.0446 - 0.0093431\omega^{0.5} \right) \omega^{-0.56261} \right]^{-0.70356 + 0.014685 \ln \omega} \dots\dots\dots (A.13)$$

$$P_c = \eta_c \cdot P_d$$

- d) 计算质量流率 G
- 当 $P_c \geq P_o$, 为临界流动时:

$$G = \eta_c \sqrt{\frac{P_d \times 10^{-3}}{\omega v_o}} \dots\dots\dots (A.14)$$

当 $P_c < P_o$, 为亚临界流动时:

$$G = \frac{\left\{ -2 \left[\omega \ln \eta_0 + (\omega - 1)(1 - \eta_0) \right] \right\}^{0.5}}{\omega \left(\frac{1}{\eta_0} - 1 \right) + 1} \sqrt{\frac{P_d \times 10^{-3}}{v_0}} \dots\dots\dots(A.15)$$

e) 计算最小泄放面积

$$A = 277.8 \frac{W_s}{KK_b K_c \zeta G} \dots\dots\dots(A.16)$$

A.3.4.2对于第(4)种类型的流体

a) 计算饱和欧米茄参数 ω_s :

$$\omega_s = 9 \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} - 1 \right) \dots\dots\dots(A.17)$$

b) 确定过冷区:

$P_s \geq \eta_{st} \cdot P_d$, 为低过冷区(在喉管上游开始闪蒸);

$P_s < \eta_{st} \cdot P_d$, 为高过冷区(在喉管中开始闪蒸);

转变的饱和压力比:

$$\eta_{st} = \frac{2\omega_s}{1 + 2\omega_s} \dots\dots\dots(A.18)$$

c) 对于低过冷区:

饱和蒸汽压力比:

$$\eta_s = \frac{P_s}{P_d}$$

若 $\eta_s \leq \eta_{st}$, 则临界压力比 $\eta_c = \eta_s$

若 $\eta_s > \eta_{st}$, 则临界压力比

$$\eta_c = \eta_s \left(\frac{2\omega}{2\omega - 1} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1}{\eta_s} \left(\frac{2\omega - 1}{2\omega} \right)} \right] \dots\dots\dots(A.19)$$

$$P_c = \eta_c \cdot P_d$$

$P_c \geq P_o$, 为临界流动时:

$$G = \frac{\left\{ 2(1 - \eta_s) + 2 \left[\omega_s \eta_s \ln \frac{\eta_s}{\eta_c} - (\omega_s - 1)(\eta_s - \eta_c) \right] \right\}^{0.5}}{\omega_s \left(\frac{\eta_s}{\eta_c} - 1 \right) + 1} \sqrt{p_0 \rho_l \times 10^{-3}} \dots\dots\dots(A.20)$$

$P_c < P_o$, 为亚临界流动时:

$$G = \frac{\left\{ 2(1 - \eta_s) + 2 \left[\omega_s \eta_s \ln \frac{\eta_s}{\eta_a} - (\omega_s - 1)(\eta_s - \eta_a) \right] \right\}^{0.5}}{\omega_s \left(\frac{\eta_s}{\eta_a} - 1 \right) + 1} \sqrt{p_0 \rho_l \times 10^{-3}} \dots\dots\dots(A.21)$$

d) 对于高过冷区：
当 $P_c \geq P_o$ ，为临界流动时：

$$G = 1.414 [\rho_l (p_d - p_s) \times 10^{-3}]^{0.5} \dots\dots\dots (A.22)$$

当 $P_c < P_o$ ，为亚临界流动时：

$$G = 1.414 [\rho_l (p_d - p_o) \times 10^{-3}]^{0.5} \dots\dots\dots (A.23)$$

e) 计算最小泄放面积：

$$A = 16.67 \frac{Q_s \rho_1}{KK_b K_c \xi G} \dots\dots\dots (A.24)$$

A.4 额定泄放量的验证

上述计算方法仅适用于初步选用计算。在选定产品后，制造商应提供经第三方鉴证的额定泄放系数和最小净流动面积。用额定泄放系数和最小净流动面积验证，额定泄放量应达到或超过要求的安全泄放量。

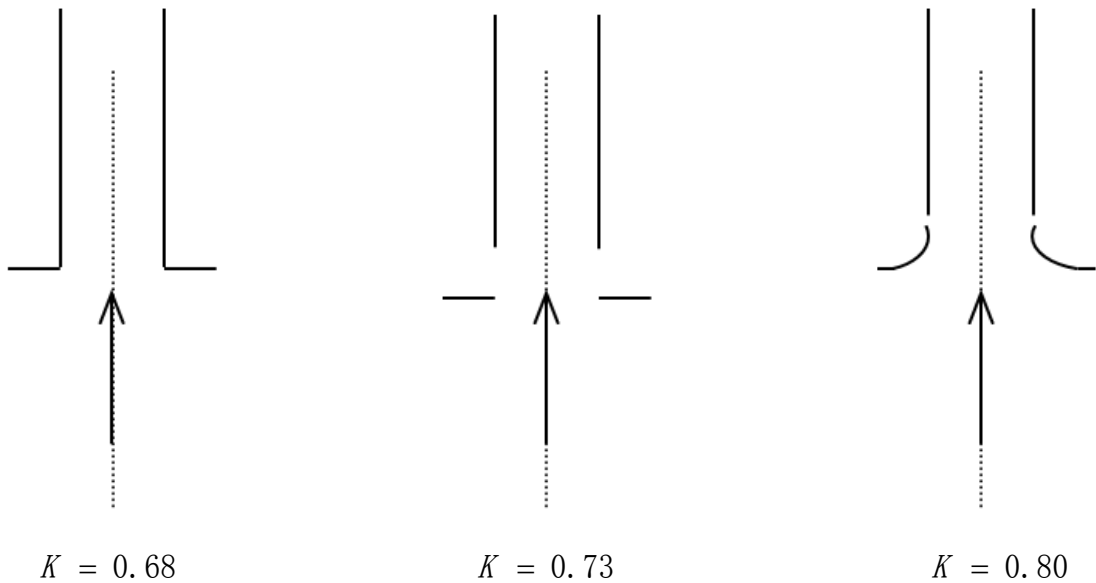


图 A-1 爆破片装置入口管道形状与用于气体的爆破片有效泄放系数 K

表 A-1 不同 k 值气体特性系数 C 值

K	C	k	C	k	C	k	C
1.00	315	1.20	337	1.40	356	1.60	372
1.02	318	1.22	339	1.42	358	1.62	374
1.04	320	1.24	341	1.44	359	1.64	376
1.06	322	1.26	343	1.46	361	1.66	377
1.08	324	1.28	345	1.48	363	1.68	379

1.10	327	1.30	347	1.50	364	1.70	380
1.12	329	1.32	349	1.52	366	2.00	400
1.14	331	1.34	351	1.54	368	2.20	412
1.16	333	1.36	352	1.56	369		
1.18	335	1.38	354	1.58	371		

表 A-2 20℃的液体体积膨胀系数

液体	体积膨胀系数, 1/℃	液体	体积膨胀系数, 1/℃
水	0.00207	丙酮	0.00149
硫酸水溶液, 100%	0.000558	乙二醇	0.000638
硫酸水溶液, 10.9%	0.000387	丙三醇(甘油)	0.000505
硫酸水溶液, 5.4%	0.000311	乙酸甲酯	0.00143
硫酸水溶液, 1.4%	0.000234	乙酸乙酯	0.00139
盐酸水溶液, 33.2%	0.000455	苯	0.00124
盐酸水溶液, 4.2%	0.000239	甲苯	0.00109
盐酸水溶液, 1.0%	0.000211	苯酚	0.00109
氯化钠水溶液, 26.0%	0.000440	苯胺	0.000858
氯化钠水溶液, 20.6%	0.000414	对二甲苯	0.00101
硫酸钠水溶液, 24%	0.000410	间二甲苯	0.00099
硫酸钠水溶液, 1.9%	0.000235	邻二甲苯	0.00097
氯化钾水溶液, 24.3%	0.000353	油品, °API 3~35	0.00072 ^[a]
氯化钙水溶液, 40.9%	0.000458	油品, °API 35~51	0.00090 ^[a]
氯化钙水溶液, 6.0%	0.000250	油品, °API 51~64	0.00108 ^[a]
二硫化碳	0.00122	油品, °API 64~79	0.00126 ^[a]
四氯化碳	0.00124	油品, °API 79~89	0.00144 ^[a]
三氯甲烷(氯仿)	0.00127	油品, °API 89~94	0.00153 ^[a]
甲醇	0.00120	油品, °API ≥94~100	0.00162 ^[a]
乙醇	0.00112		
甲酸	0.00103		
乙酸	0.00107		
乙醚	0.00166		

[a]: 15.6℃的体积膨胀系数。

附录 B
(资料性附录)
可燃气体和蒸汽的 MESG 和爆炸级别

本附录的 MESG 值引自国际标准 IEC60079-20-1:附录 B 的测试值

表 B-1 可燃气体和蒸汽的 MESG 和爆炸级别

序号	CAS NO.	名称和分子式			MESG	爆炸级别
		中文名	英文名	分子式		
1	67-56-1	甲醇	Methanol	CH ₄ O	0.92	IIA
2	64-17-5	乙醇	Ethanol	C ₂ H ₆ O	0.89	IIB3
3	71-36-3	正丁醇	n-butyl alcohol	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	0.87	IIB1
4	71-36-3	异丁醇	Iso-butyl alcohol	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	0.87	IIB1
5	71-41-0	正戊醇	n-amyl alcohol	C ₅ H ₁₂ O	0.99	IIA
6	107-18-6	烯丙醇	Allyl alcohol	CHCH ₂ OH	0.84	IIB2
7	75-07-0	乙醛	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	0.92	IIA
8	123-72-8	正丁醛	n-butyraldehyde	CH ₃ (CH ₂) ₂ CHO	0.92	IIA
9	107-02-8	丙烯醛	Acrolein	C ₃ H ₄ O	0.72	IIB3
10	4170-30-3	巴豆醛	Crotonaldehyde	C ₄ H ₆ O	0.81	IIB1
11	74-82-8	甲烷	Methane	CH ₄	1.14	IIA1
12	74-84-0	乙烷	Ethane	C ₂ H ₆	0.91	IIA
13	74-98-6	丙烷	Propane	C ₃ H ₈	0.92	IIA
14	106-97-8	丁烷	Butane	C ₄ H ₁₀	0.98	IIA
15	109-66-0	正戊烷	n-pentane	C ₅ H ₁₂	0.93	IIA
16	110-54-3	正己烷	n-hexane	C ₆ H ₁₄	0.93	IIA
17	142-82-5	正庚烷	n-heptane	C ₇ H ₁₆	0.91	IIA
18	111-65-9	辛烷	Octanes	C ₈ H ₁₈	0.94	IIA
19	110-82-7	环己烷	Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	0.94	IIA
20	109-89-7	二乙胺	Diethylamine	C ₄ H ₁₁ N	1.15	IIA1
21	75-50-3	三甲胺	Trimethylamine	C ₃ H ₉ N	1.05	IIA
22	107-15-3	乙二胺	Ethylenediamine	C ₂ H ₈ N ₂	1.25	IIA1
23	71-43-2	苯	Benzene	C ₆ H ₆	0.99	IIA
24	106-42-3	对二甲苯	p-xylene	C ₈ H ₁₀	1.09	IIA
25	79-20-9	醋酸甲酯	Methyl acetate	C ₃ H ₆ O ₂	0.97	IIA
26	141-78-6	乙酸乙酯	Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	0.95	IIA
27	109-60-4	醋酸正丙酯	n-propyl acetate	C ₅ H ₁₀ O ₂	1.04	IIA
28	123-86-4	醋酸正丁酯	n-butyl acetate	C ₆ H ₁₂ O ₂	1.02	IIA
29	108-05-4	醋酸乙烯酯	Vinyl acetate	C ₄ H ₆ O ₂	0.93	IIA

序号	CAS NO.	名称和分子式			MESG	爆炸级别
		中文名	英文名	分子式		
30	140-88-5	丙烯酸乙酯	Ethyl acrylate	C ₅ H ₈ O ₂	0.86	IIB1
31	60-29-7	二乙醚	Diethylether	C ₄ H ₁₀ O	0.87	IIB1
32	108-20-3	二异丙基醚	di-isopropyl ether	C ₆ H ₁₄ O	0.94	IIA
33	75-21-8	环氧乙烷	Ethylene oxide	C ₂ H ₄ O	0.59	IIB
34	75-56-9	环氧丙烷	Propylene oxide	C ₃ H ₆ O	0.7	IIB
35	109-99-9	四氢呋喃	Tetrahydrofuran	C ₄ H ₈ O	0.87	IIB1
36	110-91-8	吗啉	Morpholine	C ₄ H ₉ NO	0.92	IIA
37	106-89-8	环氧氯丙烷	Epichlorohydrin	C ₃ H ₅ ClO	0.74	IIB3
38	75-01-4	氯乙烯	Vinyl chloride	C ₂ H ₃ Cl	0.96	IIA
39	67-64-1	丙酮	Acetone	CH ₃ COCH ₃	1.04	IIA
40	78-93-3	丁酮	Methyl ethyl ketone	CH ₃ COCH ₂ CH ₃	0.85	IIB1
41	141-79-7	亚异丙基丙酮	Mesityl oxide	C ₆ H ₁₀ O	0.93	IIA
42	107-13-1	丙烯腈	Acrylonitrile	C ₃ H ₃ N	0.87	IIB1
43	74-85-1	乙烯	Ethylene	C ₂ H ₄	0.65	IIB3
44	115-07-1	丙烯	Propylene	C ₃ H ₆	0.95	IIA
45	106-99-0	1,3-丁二烯	1,3-butadiene	C ₄ H ₆	0.79	IIB3
46	78-79-5	异戊二烯	Isoprene	C ₅ H ₈	0.81	IIB2
47	74-86-2	乙炔	Acetylene	C ₂ H ₂	0.37	IIC
48	7664-41-7	氨	Ammonia	NH ₃	3.18	IIA1
49	75-15-0	二硫化碳	Carbon disulfide	CS ₂	0.34	IIC
50	630-08-0	一氧化碳	Carbon monoxide	CO	0.94	IIA
51	1333-74-0	氢	Hydrogen	H ₂	0.29	IIC
52	7783-06-4	硫化氢	Hydrogen sulfide	H ₂ S	0.83	IIB2
53	50-00-0	甲醛	formaldehyde	HCHO	0.57	IIB
54	57-14-7	偏二甲胍	Dimethylhydrazine	C ₂ H ₈ N ₂	0.85	IIB1
55	71-23-8	正丙醇	n-propanol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	0.89	IIB1
56	74-90-8	氰化氢	hydrogen cyanide	HCN	0.8	IIB2
57	79-09-4	丙酸	Propionic Acid	CH ₃ CH ₂ COOH	1.1	IIA
58	79-10-7	丙烯酸	Acrylic acid	C ₃ H ₄ O ₂	0.86	IIB1
59	79-24-3	硝基乙烷	Nitroethane	C ₂ H ₅ NO ₂	0.87	IIB1
60	96-33-3	丙烯酸甲酯	Methyl acrylate	C ₄ H ₆ O ₂	0.85	IIB1
61	98-00-0	糠醇	Furfuryl alcohol	C ₅ H ₆ O ₂	0.8	IIB2
62	98-83-9	α-甲基苯乙烯	Alpha-Methylstyrene	C ₉ H ₁₀	0.88	IIB1
63	103-09-3	2-乙基己醇乙酸酯	2-Ethylhexyl acetate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.88	IIB1
64	105-45-3	乙酰乙酸甲酯	Methyl acetoacetate	C ₅ H ₈ O ₃	0.85	IIB1
65	105-58-8	碳酸二乙酯	diethyl carbonate	C ₅ H ₁₀ O ₃	0.83	IIB2
66	106-89-8	环氧氯丙烷	Epichlorohydrin	C ₃ H ₅ ClO	0.74	IIB3
67	106-92-3	烯丙基缩水甘油醚	Allyl glycidyl ether	C ₆ H ₁₀ O ₂	0.7	IIB3

序号	CAS NO.	名称和分子式			MESG	爆炸级别
		中文名	英文名	分子式		
68	107-00-6	丁炔	1-butyne	C ₄ H ₆	0.71	IIB3
69	107-19-7	炔丙醇	Propargyl alcohol	C ₃ H ₄ O	0.58	IIB
70	108-03-2	1-硝基丙烷	1-nitropropane	CH ₃ CH ₂ CH ₂ NO ₂	0.84	IIB2
71	109-86-4	乙二醇甲醚	2-methoxyethanol	HOCH ₂ CH ₂ OCH ₃	0.85	IIB1
72	109-87-5	二甲氧基甲烷	dimethoxymethane	C ₃ H ₈ O ₂	0.86	IIB1
73	110-00-9	呔喃	oxole	CH=CHCH=CHO	0.68	IIB3
74	110-05-4	过氧化二叔丁基	Di-tert-butyl peroxide	C ₈ H ₁₈ O ₂	0.84	IIB2