



中华人民共和国国家标准

GB/T 3836.14—201×

代替 GB 3836.14—2014

爆炸性环境 第14部分：爆炸性气体环境场所 分类

Explosive atmospheres Part 14: Classification of areas for Explosive gas
atmosphere

(IEC60079-10-1:2015, Explosive atmospheres Part 10-1: Classification of
areas-Explosive gas atmosphere, MOD)

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2019.09)

201×—××—××发布

201×—××—××实
行

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目次

前言 IV

引言 VI

1 范围 7

2 规范性引用文件 7

3 术语和定义 7

4 总则 11

4.1 安全原则 11

4.2 场所分类的目的 12

4.3 爆炸风险评定 12

4.4 人员能力 12

5 场所分类方法 13

5.1 总则 13

5.2 释放源分类法 13

5.3 行业规范和国家标准的使用 13

5.4 简化法 14

5.5 综合法 14

6 可燃物质的释放 14

6.1 总则 14

6.2 释放源 14

6.3 释放形式 15

6.4 通风(或空气流动)和稀释 17

6.5 通风的主要类型 17

7 区域类型 19

7.1 总则 19

7.2 释放源等级的影响 20

7.3 稀释影响 20

7.4 通风有效性的影响 20

8 区域范围 20

9 文件\数据单及表格 21

9.1 总则 21

9.2 图纸、记录表和数据表 21

附录 A (资料性附录) 危险区域的标示建议 22

附录 B (资料性附录) 释放源预估 26

附录 C (资料性附录) 通风指南 37

附录 D (资料性附录) 评定危险区域 50

附录 E (资料性附录) 危险场所分类示例 52

附录 F (资料性附录) 危险场所分类示意图 72

附录 G (资料性附录) 可燃性薄雾 76

附 录 H (资料性附录)	氢	40
附 录 I (资料性附录)	杂混物	42
附 录 J (资料性附录)	支持危险场所分类的可用方程	43
附 录 K (资料性附录)	行业规范和国家标准	45

前 言

GB/T 3836《爆炸性环境》分为若干部分：

- 第1部分：设备 通用要求；
- 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备；
- 第3部分：由增安型“e”保护的设备；
- 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备；
- 第5部分：由正压外壳“p”保护的设备；
- 第6部分：由液浸型“o”保护的设备；
- 第7部分：由充砂型“q”保护的设备；
- 第8部分：由“n”型保护的设备；
- 第9部分：由浇封型“m”保护的设备；
- 第11部分：气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据；
- 第13部分：设备的修理、检修、修复和改造；
- 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境；
- 第15部分：电气装置的设计、选型和安装；
- 第16部分：电气装置的检查与维护；
- 第17部分：由正压房间“P”和人工通风“v”保护的设备；
- 第18部分：本质安全电气系统；
- 第19部分：现场总线本质安全概念（FISCO）；
- 第20部分：设备保护级别（EPL）为Ga级的设备；
- 第21部分：设备生产质量体系的应用；
- 第22部分：光辐射设备和传输系统的保护措施；
- 第23部分：用于瓦斯和/或煤尘环境的I类EPL Ma级设备；
- 第24部分：由特殊型“s”保护的设备；

.....

本部分为GB/T 3836系列的第14部分。

本部分按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本部分代替GB 3836.14-2014《爆炸性环境 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境》。与GB 3836.14—2014相比，主要技术变化如下：

- 全文重组和划分
- 增加区域分类替代方法条款（见第5章）
- 修改了危险场所标示类示例（见附录A，2014版的附录C）
- 修改了释放速率的计算（见附录B，2014版的附录A）
- 修改了通风指南（见附录C，2014版的附录B）
- 增加了评定危险区域的附录（见附录D）
- 修改了危险场所分类示例（见附录E，2014版的附录C）
- 增加了危险场所分类示意图的附录（见附录F）
- 增加了关于氢的附录（见附录H）
- 增加了关于杂混物的附录（见附录I）
- 增加了关于支持危险场所分类的可用方程的附录（见附录J）
- 增加了关于行业规范和国家标准附录（见附录K）

本部分采用重新起草法修改采用IEC 60079-10-1:2015《爆炸性环境 第10-1部分：场所分类 爆炸性气体环境》。

本部分与IEC 60079-10-1:2015的主要技术性差异及原因如下：

——关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适用我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用GB/T 3836.1代替IEC 60079-0、用GB/T 3836.15代替IEC 60079-14。

本部分做了下列编辑性修改：

——修改了标准名称；

——纳入了IEC 60079-10-1：2015/COR1：2015的内容。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国防爆电气设备标准化技术委员会（SAC/TC9）归口。

本部分主要起草单位：

本部分主要起草人：

本部分所代替标准的历次版本发布情况：

——GB 3836.14-2000；

——GB 3836.14-2014。

引 言

在可能出现可燃性气体或蒸气数量和浓度达到危险程度的场所，应采取防爆措施避免出现爆炸危险。GB/T 3836的本部分提出了能够评定防止点燃危险的基本准则，并且给出了可用于降低这类危险的设计和控制参数指南。

爆炸性环境 第14部分：爆炸性气体环境场所分类

1 范围

本部分规定了可能出现可燃性气体或蒸气的危险场所分类，作为支撑正确选择和安装这些危险场所用电气设备的基础。

本部分适用于，由于出现可燃性气体或蒸气与空气混合可能产生点燃危险的场所，但不适用于以下场所：

煤矿瓦斯气体；

火炸药加工和制造；

超出本部分所涉及的灾难性事故或罕见事故(见 3.7.3 和 3.7.4)；

医疗室内；

商业和工业应用，其中仅使用低压燃料气体的器具，例如烹饪，水加热和类似用途的器具，其其安装符合相关的气体规范；

居民住宅；

出现可燃性粉尘或飞絮可能引起的危险的场所，但这些原则可用于评定杂混合物（参见 GB/T 3836.×）。

注：关于杂混物的补充指南见附录 I。

可燃性薄雾可与可燃性蒸气同时形成或出现。在这种情况下严格应用本标准中的细节可能不合适。当由于高闪点而被认为不是危险的液体在压力下释放时，也可能形成可燃性薄雾，在这种情况下，本标准中给出的分类和细节不适用。有关可燃性薄雾的资料见附录G。

对本部分来说，危险场所是指三维区域或空间。

如果影响可燃性物质的爆炸特性的变化可以忽略不计，则大气条件就包括在基准大气压力101.3kPa和温度20℃上下波动的变化。

在任何加工装置内，不考虑其大小，除与电气设备相关的点燃源外，还可能存在很多点燃源。在这个意义上，为了确保安全，必须采取适当预防措施，也可采用本部分对其它点燃源进行判断。

本部分没有考虑点燃爆炸性环境的后果。

2 规范性引用文件

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

GB/T 3836.1 爆炸性环境第1部分：设备通用要求（GB/T 3836.1-201×，IEC 60079-0:2017，MOD）

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 3836.15-2017，IEC 60079-14:2007，MOD）

3 术语和定义

GB/T 3836.1中界定的术语和定义以及下列术语和定义适用于本文件。

爆炸性环境用其它术语和定义见 GB/T 2900.35。

3.1

爆炸性环境 explosive atmosphere

在大气条件下，可燃性物质以气体、蒸气、粉尘、纤维或飞絮的形式与空气形成的混合物，被点燃后，能够保持燃烧自行传播的环境。

3.2

爆炸性气体环境 explosive gas atmosphere

在大气条件下，可燃性物质以气体或蒸气的形式与空气形成的混合物，被点燃后，能够保持燃烧自行传播的环境。

注1：尽管混合物浓度超过燃烧上限(UFL)不是爆炸性气体环境，但在某些情况下，就场所分类来说，把它作为爆炸性气体环境考虑被认为是合理的。

有些爆炸性气体和蒸气的浓度为 100%。（例如乙炔，CAS 号 74-86-2， C_2H_2 ；单乙炔基乙炔，CAS 号 689-97-4， C_4H_4 ；1 - 硝酸丙酯（蒸气），CAS 号 627-13-4， $CH_3(CH_2)_2NO_3$ ；硝酸异丙酯（蒸气），CAS 号 1712-64-7， $(CH_3)_2CHONO_2$ ；环氧乙烷（蒸气），CAS 号 75-21-8， $(CH_2)_2O$ ；肼（蒸气），CAS 号 302-01-2， H_4N_2 。

3.3

危险场所和区域

3.3.1

(爆炸性气体环境)危险场所 hazardous area (on account of explosive gas atmospheres)

爆炸性气体环境出现或预期可能出现的数量达到足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取专门措施的区域。

注1：许多工艺设备的内部通常被认为是危险场所，即使通常不存在可燃环境因解决空气进入设备的可能性。在使用诸如惰化的特定控制的情况下，工艺设备的内部可能不需要被划分为危险场所。

3.3.2

(爆炸性气体环境)非危险场所 non-hazardous area (on account of explosive gas atmospheres)

爆炸性气体环境预期不会大量出现以致不要求对电气设备的结构、安装和使用采取专门预防措施的区域。

3.3.3

区域 zones

根据爆炸性气体环境出现的频次和持续时间把危险场所分为3.6~3.8的区域。

3.3.4

0区 zone 0

爆炸性气体环境连续出现或频繁出现或长时间存在的场所。

注1：“长时间”和“经常”这两个术语旨在描述该区域潜在爆炸性环境的极高可能性。在这方面，这些术语不一定需要量化。

3.3.5

1区 zone 1

在正常运行时，可能偶尔或定期出现爆炸性气体环境的场所。

3.3.6

2区 zone 2

在正常运行时，不可能出现爆炸性气体环境，如果出现，仅是短时间存在的场所。

[IEV 426-03-05]

以上出现的频次和持续时间的指标可从特定工业或应用的有关规范中得到。

3.3.7

区域范围 extent of zone

从释放源到气体/空气混合物被空气稀释到低于爆炸下限的空间范围（任何方向）。

3.4

释放

3.4.1

释放源 source of release

可燃性气体、蒸气、薄雾或液体可能释放出能形成爆炸性气体环境的部位或地点。

3.4.2

连续级释放 continuous grade of release

连续释放或预计频繁释放或长期释放的释放。

3.4.3

1级释放 primary grade of release

在正常运行时，预计可能周期性或偶尔释放的释放。

3.4.4

2级释放 secondary grade of release

在正常运行时，预计不可能释放，如果释放也仅是偶尔和短期释放的释放。

3.4.5

释放速率 release rate

单位时间从释放源中散发出可燃性气体、蒸气或薄雾的量。

3.5

3.5.1 通风和稀释

通风 ventilation

由于风力、温度梯度或人工通风(如风机或排气扇)作用，可造成空气流通和新鲜空气与原来空气置换的现象。

3.5.2

稀释 dilution

可燃蒸气或气体与空气的混合，随着时间的推移，会降低可燃浓度。

3.5.3

稀释量/稀释体积 dilution volume

释放源附近的体积，其中可燃气体或蒸气的浓度未稀释到安全水平。

注1：在某些情况下，3.5.3和3.5.5下的量可能是相同的。

3.5.4

背景浓度 background concentration

在释放羽流或喷射之外的所考虑的体积内的可燃物质的平均浓度。

3.5.5

考虑体积 volume under consideration

正在考虑释放附近的通风所可用的体积。

注1：对于封闭空间，这可能是整个房间或较大空间的一部分，其中考虑的通风将稀释来自给定释放源的气体或蒸汽。在户外，这是可能形成爆炸性混合物的爆炸源周围的体积。在拥挤的室外场所，这个体积可以由周围物体提供的部分外壳决定。

3. 6

可燃物质性质 properties of flammable substance

3. 6. 1

可燃性物质 flammable substance

本身具有可燃性，或能产生可燃性气体、蒸气或薄雾的物质。

3. 6. 2

可燃性液体 flammable liquid

在任何可预见的运行条件下，能够产生可燃性蒸气或薄雾的液体。

注1：在接近或超过其闪点的温度下处理可燃性液体是可预见运行条件的实例。

注2：该定义用于危险场所的分类，可能与用于其他目的的可燃性液体的定义不同，例如：运输用可燃性液体分类代码。

3. 6. 3

液化的可燃性气体 liquefied flammable gas

以液体状态贮存或处理的、在环境温度和大气压力下为可燃性气体的可燃性物质。

3. 6. 4

可燃性气体或蒸气 flammable gas or vapour

以一定比例与空气混合后，将会形成爆炸性气体环境的气体或蒸气。

3. 6. 5

可燃性薄雾 flammable mist

在空气中挥发能形成爆炸环境的可燃性液体微滴。

3. 6. 6

杂混物 hybrid mixture

可燃性气体或蒸气与粉尘的混合物。

注1：根据GB/T 3836. ×，术语“粉尘”定义为包括可燃性粉尘和可燃性飞絮。

3. 6. 7

气体或蒸气的相对密度 relative density of a gas or vapour

在同样压力和温度下气体或蒸气的密度相对于空气的密度(空气的密度为1. 0)。

3. 6. 8

闪点 flash point

在标准条件下，使液体变成蒸气的数量能够形成可燃性气体/空气混合物的最低液体温度。

3. 6. 9

沸点 boiling point

在大气压力为101. 3kPa条件下液体沸腾的温度。

对于液体混合物宜使用初始沸点，使用初始沸点来表示液体某一范围的最低沸点值，在标准试验室内进行蒸馏而不发生分解时测定该沸点值。

3. 6. 10

蒸气压力 vapour pressure

当固体或液体与其自身蒸气处于平衡状态时所施加的压力，

注1：这也是液体上方大气中物质的分压。这是物质和温度的作用。

3. 6. 11

爆炸性气体环境的点燃温度 ignition temperature of an explosive gas atmosphere

在GB/T 3836.11规定的条件下，可燃性物质以气体或蒸气的形式与空气形成的混合物被热表面引燃的最低温度。

3. 6. 12

可燃燃烧下限 lower flammable limit (LFL)

空气中可燃性气体、蒸气或薄雾的浓度，低于该浓度则不能形成爆炸性气体环境。

3.6.13**爆炸上限 upper explosive limit (UEL)**

空气中可燃性气体、蒸气或薄雾的浓度高于该浓度，则不能形成爆炸性气体环境。

空气中，不能形成爆炸性气体环境的可燃性气体，蒸气或薄雾的浓度最高值。

[IEV 426-02-10]

3.7**运行 operation****3.7.1****正常运行 normal operation**

指设备在其设计参数范围内的运行状况。

注1：故障(例如：泵密封件、法兰密封垫的损坏或偶然产生的漏泄等)包括紧急维修或紧急停机都不能看作是正常运行，也不能将其视为灾难性事故。

注2：正常运行包括的情况有启动和停机以及日常维护，但不包括作为调试的一部分的初始启动。

3.7.2**常规维护 routine maintenance**

为保持设备的正常性能，在日常运行中偶尔或定期执行的操作，以保持设备的正常性能。

3.7.3**罕见的故障 rare malfunction**

仅在极少数情况下可能发生的故障类型

注1：本标准中的罕见故障包括单独和独立过程控制的失败，可能是自动的或手动的，可能触发一系列导致可燃物质的大量释放事件。

注2：罕见故障还可能包括工厂设计未涵盖的意外情况，例如导致释放的意外腐蚀。如果由于腐蚀或类似条件而导致的释放可能或可能合理地预期作为工厂运营的一部分，那么这不被视为罕见的故障。

3.7.4**灾难性故障 catastrophic failure**

超过过程工厂和控制系统的的设计参数，导致可燃物质的释放的事件。

注1：在本标准范围内的灾难性故障包括，例如，重大事故，如工艺容器的破裂，或设备或管道的大规模故障，如法兰或密封的完全破裂。

4 总则**4.1 安全原则**

加工或贮存可燃性物质的成套装置的设计、操作和维护应使任何可燃性物质的释放和形成的危险场所的范围，无论是在正常运行或其它条件下都保持最小，同时考虑释放的频次、持续时间和数量。

检查加工设备和系统中可能出现可燃性物质释放的部分是很重要的，并考虑修改设计将此类释放的可能性与频次以及物料的释放速率与释放量减到最少。

这些基本事项宜在工艺装置设计开发的早期进行检查，并应在研究场所分类时引起足够的重视。

在除正常操作之外的活动中，例如调试或维护，场所分类可能是无效的，这种情况下可使用安全工作制度来处理。场所分类应考虑任何日常维护。

在可能存在有爆炸性气体环境的情况下，应采取下列措施：

- a) 消除点燃源周围可能性出现的爆炸性气体环境，或
- b) 消除点燃源。

如果不可能，应选择并准备一些预防措施，即工艺设备、系统和程序使a)和b)共同存在的可能性减小到允许的程度。如果某些措施的可靠性高，或综合在一起可以达到所需的安全水平，这些措施可单独采用。

4.2 场所分类的目的

场所分类是对可能出现爆炸性气体环境的场所进行分析和分类的一种方法，以便正确选择和安装危险场所中的电气设备，达到安全使用的目的。分类也把气体或蒸气的点燃特性，例如点燃能量和引燃温度考虑进去。场所分类有两个主要目标，确定任何危险区域类型和区域范围（见7和8）

注：可为设备指定所选特性，例如点火能量和额定温度（见GB/T 3836.11）。

在使用可燃性物质的许多实际场所，难于保证爆炸性气体环境永不出现，而且确保设备永不成成为点燃源也是不可能的。因此，在出现爆炸性气体环境的可能性很高的场所，使用产生点燃源可能性小的设备是可靠的。相反，如果降低爆炸性气体环境出现的可能性，则可以使用在结构上要求不太严格的设备。

评定特别是应通过设计或适当的操作方法，将0区或1区场所在数量上或范围上减至最小，换句话说，工厂和其设备安装场所大部分宜为2区或非危险场所。对于不可避免的有可燃性物质释放的场所，宜限制其加工设备为2级释放，如果做不到（即1级释放或连续级释放无法避免的场所），则应尽量限制释放量和释放速率。在进行场所分类时，这些原则应优先给予考虑。必要时，加工设备的设计、运行和设置都应保证即使在异常运行条件下释放到大气中的可燃性物质的数量减至最小，以便缩小危险场所的范围。

一旦对工厂进行了分类，并且做了必要的记录，很重要的是在未与负责场所分类的人员协商时，不允许对设备或操作程序进行修改。未经授权擅自进行场所分类无效。应保证影响场所分类的所有加工设备在维护中和重新装配后都进行认真检查，重新投入运行之前，保证涉及安全性的原设计的完整性。

4.3 爆炸风险评定

完成场所分类之后，风险评定可用来评定在此爆炸性环境下出现点燃的后果，用以确定是否需要采用更高设备保护级别（EPL）的设备，或者用以证明可以采用低于正常保护级别的设备。

在某些情况下，可能会出现可忽略范围的区域，并被视为无害区域。这样一个区域意味着，如果发生爆炸，后果可以忽略不计。NE区概念可以应用，而不考虑任何其他风险评定调整，以确定EPL。

注：NE区的一个例子是天然气云，其平均浓度为LFL体积的50%，小于相关封闭空间的0.1m³或1.0%（以较小者为准）。

适用时，EPL的要求可被记录在场所分类文件中和图纸上，以允许选择合适的电气设备。

注：GB/T 3836.1介绍了EPL，GB/T 3836.15定义了EPL在安装中的应用。

4.4 人员能力

场所分类应由懂得可燃性物料性能的相关性和重要性、熟悉气体/蒸气扩散、设备和工艺性能的专业人员进行。其他工程学科，如电气和机械工程师，以及对安全负有特殊责任的人员参与区域分类过程并对其有所投入可能会有所裨益。该人员的能力应与工厂的性质和用于进行区域分类的方法相关。必要时，人员应定期进行适当的继续教育或培训。

注：能力可以根据与国家法规、标准或用户要求相关的培训和评定框架来证明。

5 场所分类方法

5.1 总则

几乎不可能通过对装置或装置布置的简单检查来确定装置周围哪些部分能符合三个区域的划分(0区、1区或2区)。对此，需要更复杂的方法，包括对出现爆炸性气体环境可能性进行的基本分析。

应根据连续级、一级和二级释放的定义确定产生爆炸性气体或蒸气环境的可能性。一旦确定了可能释放的频次和持续时间(释放等级)、释放速率、浓度、速度、通风和其它影响区域类型和/或范围的因素，对确定周围场所可能存在的爆炸性气体环境就有了可靠的依据。

因此，该方法要求更详细地考虑含有可燃性物质，并且可能成为释放源的每台加工设备的情况。

5.3到5.6条款对可能存在爆炸性气体环境的危险场所分类选择给出了指南。在附录F中给出了危险场所分类的图解示例。

场所分类应在最初工艺、仪表线路图及其布局规划有效时进行，并在装置投产前确定。

应始终考虑各种潜在释放点的类型，数量和位置，以便在整体评定中分配相关的区域和边界条件。按照功能安全标准设计和安装的控制系統可以降低释放源的可能性和/或释放量(例如，批量顺序控制、惰化系统)。因此，在与危险场所分类相关的情况下，可以考虑此类控制措施。

在对区域进行分类时，还应考虑对相同或相似安装的先前经验进行仔细评定。仅仅确定可燃物质的潜在来源并立即着手确定1区或2区分类区域的范围是不够的。如果经验或文件证据表明特定的工厂设计和操作是合理的，这可以用来支持所选择的分类。此外，可以想象，一个领域可以根据行业经验或新的证据进行重新分类。

5.2 释放源分类法

可以通过计算来进行分类，考虑对每个释放源的相关因素进行适当的统计和数字评定。参考附录F，释放源方法总结如下：

- 确定释放源；
- 基于可能的释放频率和释放时间确定每个源的释放速率和释放级别；
- 评估通风或稀释条件和有效性；
- 根据释放等级和通风或稀释有效性确定区域类型；
- 确定区域范围。

与特定条件下的释放率相关的公式见附录B。这些公式为提供条件释放率的计算提供了良好的基础。

通风和扩散评估指南见附录C。其他评估形式，例如计算流体动力(CFD)，可在某种情况下提供良好的评估基础。在评估多种因素的相互作用时，计算机建模也是一种合适的工具。

在所有情况下，所使用的评估方法和工具应经过验证或伴注意事项使用。进行评估的人员还应了解所有工具的限制或要求，并调整相应输入条件或结果，以确保得出恰当的结论。

5.3 行业规范和国家标准的使用

可以使用行业规范和国家标准，它们提供适合于应用的指导或示例，并符合本标准的一般原则。

附录K列出了一些相关的行业规范和国家标准，可提供更多细节和示例。

5.4 简化法

如果无法对各个释放源进行所需的评估，可以使用简化的方法。

简化方法应为每一区域类型(0、1和2区)确定适当保守的源，以便在没有单独细节的情况下考虑潜在的释放源。最佳的判断是参考一套基于行业经验的标准，并适用于特定的工厂。

没有必要对工厂中的所有项目进行详细评估，其中对一个项目或条件的评估足以为工厂中的所有其他类似项目或条件提供保守分类。

较大的区域具有简化方法的特点，这是由于该方法和在对所涉危险存在疑问的地方必须采用更保守的区域分类。这种方法在安全方面会出错。

为了得出不太保守或更准确的分类区域边界图，应参考说明性例子或更详细的释放点源评估(如适用)。

5.5 综合法

不同的方法使用适用于工厂的多种发展阶段或多部分。

例如，在工厂的最初概念阶段，简化方法可能适用于设备分离、工厂布局和工厂边界。由于缺乏关于释放源的详细数据，这可能是唯一可用的方法。随着工厂设计工作的进行和关于可能释放源的详细数据的获得，应使用更详细的评价方法来改进分类。

一些情况下，简化方法可以应用于部分工厂的一组类似设备(例如，带法兰的管道部分，例如管架)，对重要的潜在释放源进行更详细的评估(例如，安全阀、通风口、气体压缩机、泵等)。

在许多情况下，相关国家或行业规范中提供的分类示例可以在适当情况下用于对较大工厂的某些组件进行分类。

6 可燃物质的释放

6.1 总则

可燃物质的释放速率是影响区域范围的最重要因素。

一般来说，释放速率越高，区域范围越大。

注：经验表明，LFL体积释放量为15%的氨气通常会在露天环境下快速消散，因此爆炸性气体环境在大多数情况下可以忽略不计。

6.2到6.5中介绍了在对潜在爆炸区域进行分类时应考虑的释放物的性质。

6.2 释放源

确定危险区域类型的根本因素就是鉴别释放源和确定释放等级。

只有可燃性气体、蒸气或薄雾与空气同时存在时，才能存在爆炸性气体环境，因此应确定有关场所内是否存在可燃性物质。一般来说，这些可燃性气体或蒸气(以及可燃性液体和固体可能会产生可燃性气体或蒸气)是装在可能完全封闭或不完全封闭的加工设备中。为此，应确定工艺装置内部是否存在有可燃性环境，或者释放的可燃性物质是否能在工艺装置外部产生可燃性环境。

每一台工艺装置(如罐、泵、管道、容器等)都应视为可燃性物质的潜在释放源。如果该类设备不可能含有可预见的可燃性物质，那么很明显它的周围就不会形成危险场所。如

果该类设备可能含有可燃性物质，但不向大气中释放(如全部焊接管道不视为释放源)则同样不会形成危险场所。

如果已确认设备会向大气中释放可燃性物质，应首先确定大概的释放频率和持续时间，然后按分级的定义确定释放等级。一般认为封闭式加工系统可打开的部位(如:更换过滤器或加料)在进行场所分类时也应作为释放源。根据该方法，各种释放源可分别划为“连续级”、“1级”或“2级”。

注1: 释放可能构成过程的一部分，例如，取样，或作为日常维护程序的一部分进行。这些释放形式通常分为连续或一级释放。意外释放通常被归类为二级释放。

注2: 一个项目可能会产生一个以上的释放等级。例如，可能存在小的一级释放，但是在异常操作下可能发生较大的释放，从而产生二级释放。在这种情况下，两种释放条件(两种释放等级)都需要充分考虑，如本部分所述。

释放源的等级确定之后，应确定可能影响危险场所类型和范围的释放速率和其它因素。

如果可用于释放的可燃性物料的总量“小”，例如，试验室使用，当一个潜在的危险可能存在时，可能不适合使用该场所分类程序。在这种情况下，应考虑有特定风险的存在。

燃烧可燃性物料的加工设备内的场所分类，例如，使用燃料的加热器、炉子、锅炉、汽轮机等，应考虑清洗周期、启动和关闭的条件。

在一些情况下，可以接受构造满足特定结构规范的封闭系统为忽略不计的泄漏危险，以有效地防止和/或限制可燃物质的释放。此类设备或装置的危险场所分类需要进行全面评估，以验证装置是否完全符合相关的结构和操作标准。符合性验证应考虑设计，安装，操作，维护和监控活动。

即使液体温度低于闪点，可燃性薄雾也可以通过液体的泄露形成。(见附录G)。

即使液体温度低于闪点，可燃性薄雾也可以通过液体的泄露形成。

6.3 释放形式

6.3.1 总则

释放特性取决于可燃物质的物理状态、温度和压力。物理状态包括：

- 气体，可能处于高温或高压下；
- 通过施加压力液化的气体，例如，LPG；
- 只能通过冷藏液化的气体，例如甲烷；
- 与可燃蒸气释放相关的液体。

管道连接，泵和压缩机以及阀门密封件等工厂项目中释放通常以低流速开始。但是，如果释放没有停止，释放源处的腐蚀会大大增加释放速率，从而增加危险程度。

在其闪点以上释放的可燃物质将产生可燃蒸气或气体云，其最初可能比周围空气更少或更密集，或者可能是中性浮力。在不同条件下的释放形式和行为模式见图B.1中的流程图。

每种形式的释放最终都会以气态或蒸气释放的形式结束，气体或蒸气可能表现为浮力，中性浮力或重量(见图B.1)。该特征将影响由特定形式的释放产生的区域范围。

地面的水平区域范围通常会随着相对密度的增加而增加，而源上方的垂直范围通常会随着相对密度的降低而增加。

6.3.2 气态释放

气体释放将在释放源处根据释放点的压力产生气体射流或羽流，例如，泵密封，管道连接或蒸发池。气体的相对密度，湍流混合的程度和主要的空气活动都将影响任何气体云的后续运动。

在平静条件下，比空气密度低得多的气体的低速释放将倾向于向上移动，例如，氢气和甲烷。相反，比空气密度大的气体倾向于在地面或任何凹坑或凹陷处积聚，例如，丁烷和丙烷。随着时间的推移，大气湍流将导致释放的气体与空气混合并变成中性浮力。密度与空气没有显著差异的气体或蒸气被认为是中性浮力。

高压释放将首先产生释放气体的射流，其将与周围空气湍流混合夹带空气。

高压下，由膨胀引起的热力学效应可以发挥作用。当气体逸出时，它会膨胀并冷却，最初可能比空气重。然而，由于焦耳-汤姆逊效应引起的冷却最终被空气提供的热量抵消。由此产生的气体云最终会变成中性浮力。从重于空气到中性浮力的转变可以在任何时间发生，这取决于释放的性质，也可以在云被稀释到LFL以下后发生。

注：氢显示出逆焦耳-汤姆逊效应，随着它膨胀而升温，因此永远不会出现比空气更重的效应。

6.3.3 压力液化

一些气体可以通过单独施加压力液化，例如，丙烷和丁烷，通常以这种形式储存和运输。

当加压的液化气体从其容器内泄漏时，最可能的情况是该物质作为气体从任一蒸气空间或气体管线中逸出。在释放点处的快速蒸发产生显著的冷却，并且可能发生来自大气的水蒸气冷凝而结冰。

液体泄漏在释放点部分蒸发被称为闪蒸。蒸发液体从其自身和周围大气中吸收能量，反而冷却泄漏液体。流体的冷却防止了总蒸发，因此产生了气溶胶。如果泄漏量足够大，那么冷的流体池可能积聚在地面上，随着时间的推移会逐渐蒸发以增加气体释放。

冷气溶胶云将像一种致密的气体。通常可以看到加压的液体释放，因为蒸发的冷却效果将冷凝环境湿度以产生可见的云。

6.3.4 制冷液化

其他气体，即所谓的永久性气体，只能通过制冷液化，例如，甲烷和氢气。制冷气体的少量泄漏将快速蒸发，而不会通过从环境中吸取热量而形成液体池。如大量泄漏，可能形成冷液体池。

制冷液体从地面和周围大气中吸收能量时，液体将沸腾，产生致密冷气体云。与液体一样，堤坝或堤壁可用于引导或保持泄漏流。

注1：在对含有低温可燃气体（如液化天然气）的区域进行分类时，需要注意。在低温条件下，一般所散发的蒸气会比空气重，但在接近环境温度时，会有中性浮力。

注2：永久性气体的临界温度低于-50° C。

6.3.5 雾状液滴

雾状液滴不是气体，而是由悬浮在空气中的小液滴组成。在某些热力学条件下或通过加压液体的闪蒸，由蒸气或气体形成液滴。雾状液滴云内的光散射常常使雾状液滴肉眼可见。雾状液滴的扩散可以在致密气体或中性浮力气体的行为之间变化。雾状液滴可以聚成羽流或云并降雨。来自可燃液体的雾状液滴可吸收周围环境的热量，蒸发并添加到气体/蒸气云中（更多细节见附录G）。

6.3.6 蒸气

与环境平衡的液体会在其表面上方产生一层蒸气，该蒸气在封闭系统中施加的压力称为蒸气压力，它的增加与温度呈非线性函数。

蒸发过程可能使用各种来源的能量，例如来自液体或周围环境的能量。蒸发过程可降低液体温度并限制温度升高。然而，由于正常环境条件的蒸发增加，导致的液体温度变化太过微小，不足以影响危险场所分类。产生的蒸气的浓度不容易预测，因为它是蒸发速率、液体温度和周围空气流量的函数。

6.3.7 液体释放

可燃液体的释放通常会在地面上形成一个池，液体表面会有蒸气云（表面有吸收性除外）。蒸气云的大小取决于物质的性质及其在环境温度下的蒸气压（见B.7.2）。

注：蒸气压力表示液体的蒸发速率。在常温下具有高蒸气压力的物质通常被称为挥发性物质。作为一般规则，液体在环境温度下的蒸气压力随沸点降低而增加。随着温度升高，蒸气压力也升高。

液体释放也可能发生在水中。许多可燃液体的密度低于水，并且通常不易混溶。无论是地面、工厂排水管、管道沟渠中或开阔水域（海洋，湖泊或河流），这些液体将扩散到水面上，形成薄膜并由于表面积增加而增加蒸发速率，在这些情况下，附录B中的计算不适用。

6.4 通风(或空气流动)和稀释

释放到大气中的气体或蒸气可通过逸散或扩散的方式在空气中被稀释，并且在较小程度上通过浓度梯度驱动的扩散稀释，直到气体完全扩散且浓度基本为零。自然或人工通风导致的空气流动将促进扩散。由于露天液体表面的蒸发增加而增加的空气运动也可能增加蒸气的释放速率。

通风速率适当，也能避免爆炸性气体环境的持久性，影响区域类型。

开口足够空气自由通过建筑物的全部结构通常视为通风良好的露天区域，例如侧面敞开和顶部有通风口的遮棚。

气体或蒸气向大气中的扩散或消散是将气体或蒸气的浓度降低到低于可燃下限的关键因素。

通风和空气流动有两个基本功能：

- a) 增加稀释率并促进扩散以限制区域范围；
- b) 避免可能影响区域类型的爆炸性环境持续存在。

随着风量的加大，危险区域范围通常会减小。阻碍通风的障碍物能使危险区域范围扩大。另一方面，某些障碍物如堤坝、围墙或天花板都能限制危险场所范围。

注1：露天液体表面的蒸发增加的空气流动也可能加大蒸气的释放速率。然而，空气流动增加的益处通常超过释放速率的增加。

对于低速释放，大气中的气体或蒸气扩散速率随风速增加而增加，但在稳定的大气下，可能出现气体或蒸气的分层和安全扩散距离的加大。

注2：在通风受阻的工厂区域，如大型容器和结构，即使在低风速下，也可能在这些障碍物后面形成涡流，进而形成气团或蒸气，且没有足够的湍流来促进扩散。

在日常实践中，不考虑区域分类中分层的趋势，因为产生这种效果的情况很少并仅在短时间内发生。但是，在特定情况下如果预期有长时间的低风速，则该区域范围应考虑到实现扩散所需的额外距离。

6.5 通风的主要类型

6.5.1 总则

下面两种主要通风类型：

- a) 自然通风；
- b) 人工通风，释放源的整体或局部。

6.5.2 自然通风

这是一种由于风和/或温度梯度作用造成的空气流动的通风类型。自然通风在某些户内场所(例如,在墙壁上和/或房顶有开口的建筑物)也可有效。

自然通风举例:

- 敞开式建筑物,考虑到涉及的气体和/或蒸气的相对密度,在建筑物的壁上和/或屋顶开口处,其尺寸和位置保证建筑物内部通风效果等效于露天场所;
- 非敞开建筑物,建有永久性的开口,使其具有自然通风的条件(一般低于敞开式建筑物的通风效果)。

考虑建筑物的自然通风应认识到气体或蒸气浮力可能是一个重要因素,因此,应通风以促进分散和稀释。

自然通风产生的通风率本质上是变化的。如果通过自然通风稀释释放,最好采用最坏的情况来确定通风程度。即使通风程度降低,这种情况也会导致更高的可用性。通常,对于任何自然通风,较低的通风程度导致较高的可用性水平,反之亦然,这将补偿在估计通风程度时所做的过于乐观的假设。

有些情况需要特别小心。特别是在通风口主要限于外壳的一侧的情况下。在某些不利的环境条件下,例如当风吹到外壳的通风面上的大风天时,外部空气运动可能阻止热浮力机构的操作。在这种情况下,通风水平和可用性都很差,导致更严格的分类。

6.5.3 人工通风

6.5.3.1 总则

通过人工的方法,使空气流动,例如,通风机或排气装置。虽然人工通风主要用于户内或封闭空间,但它也可用于露天场所,补偿由于障碍物对自然通风的限制或阻碍。

场所中的人工通风可以是整体通风,也可以是局部通风,对于这两种通风,可达到不同程度的空气流动和置换。

采用人工通风可达到:

- 降低区域类型和/或缩小区域范围;
- 缩短爆炸性环境持续的时间;
- 防止爆炸性环境的产生。

6.5.3.2 通风要素

人工通风能够使室内获得有效、可靠的通风系统。人工通风系统应满足下列要求:

- a) 对排气系统内部和外部排放点以及排气系统的其它通孔,应考虑其分类;
- b) 对危险场所的通风,一般情况下,通风用空气应从非危险场所中抽取,并考虑周边区域的吸力作用;
- c) 在确定通风系统的规模(尺寸)和设计前,应首先确定场所、释放等级以及释放速率。另外,下列因素将会影响人工通风系统的质量:
 - a) 通常,可燃性气体和蒸气的比重与空气比重不同,因此,它们在接近地面或封闭场所的顶部积聚,在这些地方,空气流动常常是缓慢的;
 - b) 人工通风与释放源的接近程度;靠近释放源的人工通风通常会更有效,可能需要充分控制气体或蒸气的运动;
 - c) 气体的比重随温度的变化而变化;
 - d) 阻挡和障碍物可能会引起空气流动减少甚至不流动。也就是说,场所中的某些部分不通风;
 - e) 空气湍流和循环气流的流型。

详情见附录C。

宜考虑通风装置中空气再循环的可能性或需要。这可能会影响通风系统在减少危险区域时的背景浓度和有效性。在这种情况下,可能需要相应地修改危险区域的分类。在某些应用中也可能需要再循环空气,例如,对某些工艺或在需要补充冷却或加热空气的高或低环境温度下提供人员或设备的需要。在需要再循环空气的情况下,还可能需额外的安全控制。例如,带阻尼器的气体分析仪控制新鲜空气的进气量。

6.5.3.3 人工通风示例

人工通风包括在建筑物的壁上和/或顶部安装通风机以改变建筑物中的整体通风状况;

通风机的作用可能是双重的。它们可以增加通过建筑物的气流,帮助建筑物排出气体。建筑物内的风扇也可以增加湍流稀释比房间小得多的云,即使没有气体被排出房间。在某些户外情况下,风扇也可能通过增加湍流来加强稀释。

局部人工通风可能是:

- a) 空气/蒸气抽取系统用在连续地或周期地释放可燃性蒸气的加工设备上;
- b) 将强制通风或附加的抽风系统用在不进行通风可能会出现爆炸性气体环境的小的局部通风场所。

详情见附录C.4。

6.5.4 稀释等级

控制爆炸性气体环境扩散和持续时间的通风效果取决于稀释等级、通风的有效性和系统设计。例如,通风不能有效防止爆炸性环境形成,但能避免爆炸性环境持续较长时间。

稀释等级是衡量通风或大气条件下将释放物稀释到安全水平的能力。因此,对给定的一组通风/大气条件,较大的释放对应低稀释等级。对给定大小的释放,较低的通风率对应低稀释等级。

如果采用其它通风形式,例如,需要考虑的冷却风扇、鼓风机,然后要注意其运用的有效性。用于其他目的的通风也可能以正面或负面的方式影响稀释。

稀释等级也会影响稀释体积。稀释体积在数学上等于危险体积,但危险区域的边界另外考虑了其他因素,例如,由于释放的方向、速度以及周围空气体积影响可能发生的释放运动。

稀释等级不仅取决于通风,还取决于预计释放气体的性质和类型。一些释放,例如低速释放,可以通过加强通风来缓解,而其他释放则要少得多,例如高速释放。

认可下列三种稀释等级:

a) 高级稀释

释放源附近的浓度迅速降低,并且在释放停止后几乎没有持久性。

b) 中级稀释

能够控制浓度,虽然释放源正在释放中,使得区域界限稳定,并且在释放源停止释放后,爆炸性气体环境持续存在时间不会过长。

c) 低级稀释

在释放源释放过程中有明显的浓度和/或释放源停止释放后,爆炸性环境持续存在。

7 区域类型

7.1 总则

存在爆炸性气体环境的可能性主要取决于释放等级和通风,用区域识别,区域被分为:0区、1区、2区以及非危险场所。

由相邻的重叠的释放源形成的区域有不同的区域类型，重叠区域将使用较高的分类标准。重叠区域的分类相同时，通常适用一般的分类方法。

7.2 释放源等级的影响

为尽量减少产生爆炸性气体环境出现的频次和可能性，将释放源分为下列三个基本等级：

- a) 连续级；
- 1 级；
- 2 级。

释放源可能会导致上述释放源等级中的任何一种释放源，或一种以上释放源的组合。

释放等级通常决定区域类型，在通风良好的场所（典型露天工厂）连续级释放形成0区，1级释放形成1区，2级释放形成2区，但由于稀释等级和通风有效性的作用，上述分级原则并不总是一成不变的，这可能或多或少的导致严格区域分类（见7.3和7.4）。

7.3 稀释影响

在评估区域类型的分类时，应考虑通风的有效性或稀释等级。中级稀释通常基于释放源的类型产生预定区域类型。高级稀释的区域分类可以不太严格，例如，1区代替0区，2区代替1区，甚至在某些情况下可以忽略的区域。相反，低级稀释需要更严格的区域分类（见附录D）。

7.4 通风有效性的影响

通风的有效性将影响爆炸性环境的存在或形成，因此它也影响区域类型。通风有效性或可靠性的降低，可燃气体不扩散的可能性增加，通常将导致区域类型的升级，即2区可能会变为1区甚至0区。附录D中给出了通风有效性的指南。

综合考虑通风等级和有效性归纳出评定区域类型的定量的方法(见附录 D)。

8 区域范围

区域范围是指爆炸性物质在空气中扩散到其浓度低于可燃燃烧下限之前形成的爆炸性环境的大小，此大小范围依据计算或估算，同时考虑可燃燃烧下限适当的安全系数。当评定稀释到其可燃燃烧下限前的气体或蒸气的传播区域时，应寻求专家建议。

应注意到：重于空气的气体可能流入低于地平面的地方（例如凹槽或地沟）；轻于空气的气体可能滞留在高出地面的空间（例如屋顶空间）。

如果释放源位于场所外面或在场所附近，可采取以下适当措施防止大量的可燃性气体或蒸气侵入场所，如：

- a) 有形阻挡（物）层；

注：物理屏障的例子是墙壁或其他障碍物，它将限制气体或蒸气在大气压力下通过，从而防止可燃气体的积聚。

- b) 保持危险场所的邻近场所正压，以防止危险气体进入；
- c) 用足够的新鲜空气清洗场所，来保证空气从可能进入可燃性气体或蒸气的所有开口逸出。

区域范围受一些化学和物理参数、可燃性物质某些固有特性的影响，其它因素为加工过程中特有的（见第6、7章）。

对只有少量质量可供释放的释放，可以接受正在进行释放的较小距离。

一些液体的密度低于水并且不易溶于水，这种液体可以在水面上扩散（地面、工厂下水道或沟道）并在远离最初泄漏源的地点引燃，因此，工厂的大片区域会处于危险之中（见B.6）。工厂的布局设计应尽可能的有利于爆炸性气体环境的迅速消散。

限制通风的区域（如深坑或沟渠）可以是2区，也可以要求划分为1区；另一方面，不要对用于抽取复合物的大片浅滩洼地或预留管道进行上述严格的处理。

9 文件\数据单及表格

9.1 总则

建议对进行场所分类所采取的步骤以及所使用的信息和假设进行全面记录。场所分类文件应该是一份活文件，应包括用于场所分类的方法，并应在任何工厂发生变化时进行修订。所有使用的资料，这些资料或所采用的方法的示例如下：

- a) 有关规范和标准中的建议；
- b) 气体或蒸气的扩散特性和计算；
- c) 研究与可燃性物料释放参数有关的通风特性，以便评定通风的有效性。
- d) 工厂用的所有加工物料的特性（见GB/T 3836.11），其中可包括：
 - 摩尔质量
 - 闪点
 - 沸点
 - 引燃温度
 - 蒸气压力
 - 蒸气密度
 - 爆炸极限
 - 气体类别和温度组别

表A.1给出了物料清单的建议格式，表A.2中给出了记录场所分类研究结果的格式以及随后的任何变更。

需要记录信息来源（代码，国家标准，计算），以便在随后的审查中，场所分类小组明晰所采用的理念。

9.2 图纸、记录表和数据表

纸质或电子版的场所分类文件应包括绘制的平面图和垂直剖面图或三维立体模型，可能时应标示出区域类型和区域范围、气体类别、点燃温度和/或温度组别。

如果场所地形影响着区域范围，应记录在文件中。

文件还应包括其它相关资料，例如：

- a) 释放源的位置和标示。对于大型综合工厂或工艺装置来说，这有助于对释放源分项或编号，以便场所分类数据表和图纸之间相互参照。
- b) 建筑物开口位置（例如门、窗和通风用的进、排气口）。

图A.1中示出的场所分类符号是优先使用的符号。符号的图例说明应在每张图纸中出现。当区域类型相同，但要求有多种设备类别和/或温度组别时（例如：2区IIC T1和2区IIA T3），可使用不同的符号。

附录 A
(资料性附录)
危险区域的标示建议

A.1 危险场所区域-优选符号

图A.1 危险场所区域优选符号

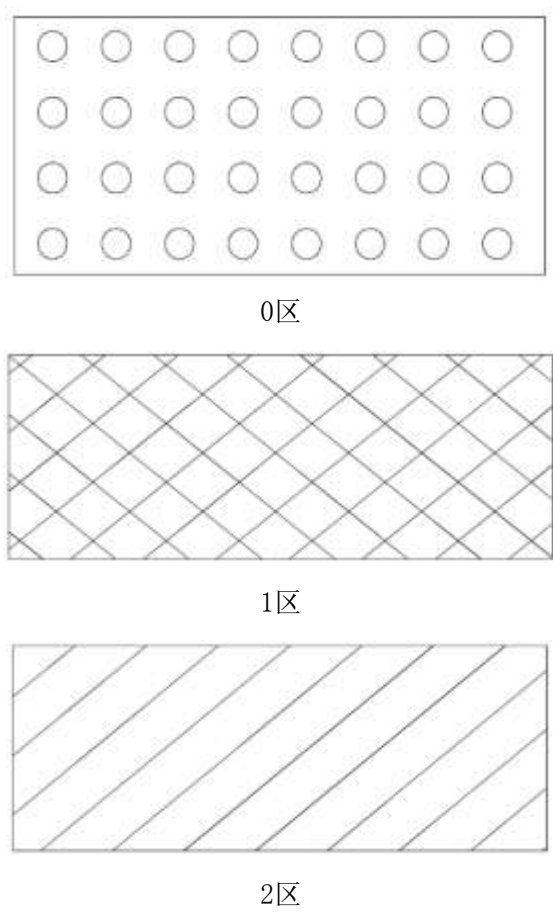


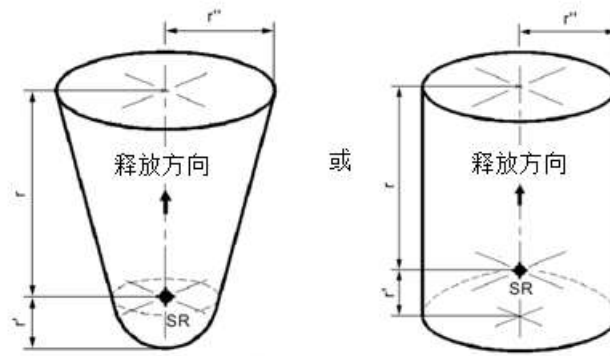
图 A.1 危险场所区域优选符号

表 A.1 危险场所分类数据表 第 1 部分：可燃性物质明细及其特性

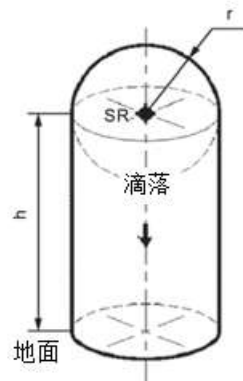
工厂： 场所：														参考图： 布局
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
可燃性物质								挥发性 ^a		LFL		Ex特性		
	名称	成分	摩尔质量 (kg/kmol)	气体/ 空气相对密度	绝热膨胀 的多变指数	闪点℃	熔点℃	沸点℃	蒸气压 力20℃ kPa	Vol. %	kg/m ³	类别	温度 组别	其它相关 数据资料 和标识

h - 释放源与地面或释放面以下的距离。

图 A. 2 低压气体或蒸气
(或在高压下, 以防不可预测的释放方向)

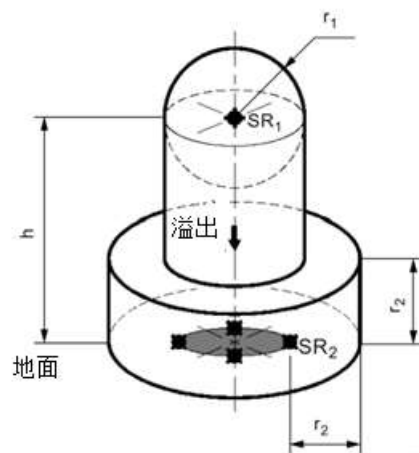


图A. 2 高压气体或蒸气



注: 液滴一般不会形成液池。

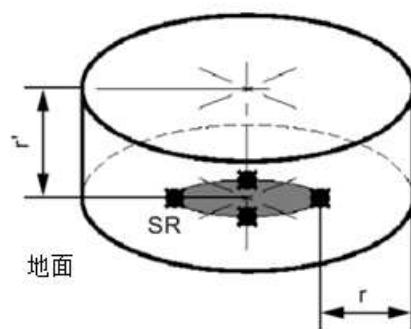
图A. 4a - 气体或蒸气(在压力下液化或冷藏)



注: 溢流时可形成液池。在这种情况下, 可以考虑另一个释放源。

图A. 4b - 泄漏的气体或蒸气(在压力下液化或经冷藏)

图A.4 -液化气



注：可燃物质溢出的来源没有注明。

图A.5 -可燃液体(非沸腾蒸发池)

附 录 B (资料性附录) 释放源预估

B.1 符号

A_p —水池表面积(m^2);

C_d —排放系数(无量纲),这是释放开口的特征,并考虑到湍流和粘度的影响,对于尖锐的孔口通常为0.50到0.75,对于圆形孔口通常为0.95到0.99;

c_p —定压比热($\text{J}/\text{kg K}$);

γ —绝热膨胀的多变指数;

M —气体的摩尔质量(kg/kmol);

p —容器内的压力(Pa);

Δp —穿过泄露通孔的压差(Pa);

P_a —大气压力(101 325 Pa);

P_c —临界压力(Pa);

P_v —温度为 T 时液体的蒸气压(kPa);

Q_g —源可燃气体的体积流速 (m^3/s);

R —通用气体常数($8314 \text{ J}/\text{kmol K}$);

ρ —液体的密度 (kg/m^3);

ρ_g —气体或蒸气的密度(kg/m^3);

S —液体释放通孔的横截面(m^2);

T —流体、气体或液体的绝对温度(K);

T_a —绝对环境温度(K);

u_w —液体池表面的风速 (m/s);

W —液体释放速度(质量/次, kg/s); 液体蒸发率

W_e —液体蒸发率(kg/s);

W_g —气体质量释放率(kg/s);

Z —压缩系数(无量纲)。

B.2 释放源的示例

B.2.1 总则

B.2.2至B.2.4中给出的例子下列示例不要求强制使用,并且可按需要做一些变动,以适合具体的工艺装置和具体情况。需要承认的是一些设备的释放等级可以有一个以上。

B.2.2 连续级释放形成的释放源

以下是一些典型的例子:

- a) 设有一个通往大气的固定排气口的固定顶罐中的可燃性液体表面;
- b) 连续对大气开放或者是长期向大气开放的可燃性液体表面。

B.2.3 1级释放形成的释放源

以下是一些典型的例子：

- a) 在正常工作条件下预计释放可燃性物质的泵、压缩机或阀门的密封处；
- b) 含有可燃性液体的容器上的排水口处，在正常工作中，当水排掉时，该处可能有可燃易爆物质向大气中释放；
- c) 在正常工作时，预计可燃性物质会释放到大气中的取样点；
- d) 正常工作时，预计可燃性物质会释放到大气中的泄压阀、排气口或其它开孔处。

B.2.4 2级释放形成的释放源

以下是一些典型的例子：

- a) 设备正常运行时，预计可燃性物质不会释放的泵、压缩机和阀门处；
- b) 在正常运行时，预计可燃性物质不会释放的法兰、连接件和管道配件处；
- c) 在正常运行时，预计可燃性物质不会释放的取样处；
- d) 在正常运行时，预计可燃性物质不会释放到大气中的泄压阀、排气口和其它开孔处。

B.3 释放等级的评估

对释放等级的错误评估可能会损害整个过程的结果。虽然定义了释放等级（见3.4.2、3.4.3和3.4.4），但实际上区分不同的释放等级并不总是容易的。

例如，通常认为不在正常操作中发生的每次释放都是二次释放，并且释放的预期持续时间通常被忽略。然而，二级释放的概念也是基于这样一个假设，即释放只会持续很短的时间。这意味着在释放开始后不久将检测到潜在的持续释放，并将尽快采取措施补救。这种假设要求设备和装置的定期监测和维护。显然，如果没有定期监测，维护也很差，释放可能会持续几个小时，甚至几天才被检测到。延迟检测并不意味着释放源因此应被定为一或连续级。在许多无人值守的远程安装中，可能有长时间未被注意到的释放，但即使是这样的安装也应在合理的定期基础上进行监控和检查。因此，任何释放等级的评估都必须基于仔细的考虑，并假设设备和装置的监控和检查将根据任何制造商的说明、相关法规和协议以及合理的工程实践以合理的方式进行。区域分类不应成为不良维护实践的掩护，但用户必须意识到不良实践可能会损害区域分类的既定基础。

有许多释放的情况，显然可以很好地符合初级释放的定义。然而，当仔细检查释放的性质时，可能会发现释放发生的如此频繁和如此不可预测，以至于不能合理地保证释放源附近不会存在爆炸性气氛。在这种情况下，连续释放等级的定义可能更合适。因此，连续释放等级的定义不仅意味着连续释放，还意味着高频率释放（见3.4.2）。

B.4 释放总和

在具有多个释放源的室内区域，为了确定区域的类型和范围，需要在确定稀释度和背景浓度之前求和释放量。根据定义，连续级释放可以预期在大多数情况下（如果不是所有时间）都会释放，因此应包括所有连续级释放。

一级释放发生在正常运行中，但所有释放源同时释放不太可能。应利用安装方面的知识和经验来确定在最恶劣条件下可能同时释放的一级释放的最大数量。

二级释放预计不会在正常运行中发生，鉴于不太可能同时发生一个以上二级释放，因此只用考虑最大的二级释放。

有规律（即可预测）释放的释放源总和应基于操作条件详细分析。在测定总释放量（质量和体积）时：

- 整体连续级释放是所有单个连续释放的总和，
- 整体一级释放是一些单个一级释放和整体连续级释放的和，
- 整体二级释放是最大的二级释放和整体一级释放的和。

当同一可燃物质从所有释放源释放时，释放速率（质量和体积）可以直接相加。

然而，当释放出不同的可燃物质时，情况更为复杂。在确定稀释等级时（见图C.1），需要在进行任何合计之前确定每种可燃物质的释放特性。应使用具有最高值的二次释放。

在测定背景浓度（见方程式C.1）时，可直接求和体积释放率。与背景浓度比较的临界浓度是LFL的一部分（通常为25%）。由于释放了许多不同的可燃物质，因此应使用组合的LFL作为比较值。

一般来说，连续级和一级释放最好不在稀释度较低的区域。要么释放源重新定位，要么改善通风或降低释放等级。

B.5 孔尺寸和源半径

系统评估最重要的因素是源半径。它决定了可燃物质的释放速率，从而最终确定区域类型和区域范围。

释放速率与孔半径的平方成正比。因此，适当低估钻孔尺寸将导致对释放率计算值的严重低估，应避免这种情况。由于安全原因，过高估计并眼尺寸将导致保守计算，这是可以接受的，但是，保守程度也应受到限制，因为它最终会导致过大的区域范围。因此，在估计钻孔尺寸时，需要一种仔细平衡的方法。

注：当使用“孔半径”一词时，大多数非预期的孔不是圆形的。在这种情况下，流量系数被用作补偿项，以降低给定等效面积孔的释放速率。

对于连续级和一级释放，孔尺寸由释放孔的尺寸和形状来定义，例如，在相对可预测的条件下释放气体的各种通风口和呼吸阀。表B.1中包含了二级释放可考虑的孔尺寸指南。

表B.1 - 建议二级释放的孔横截面

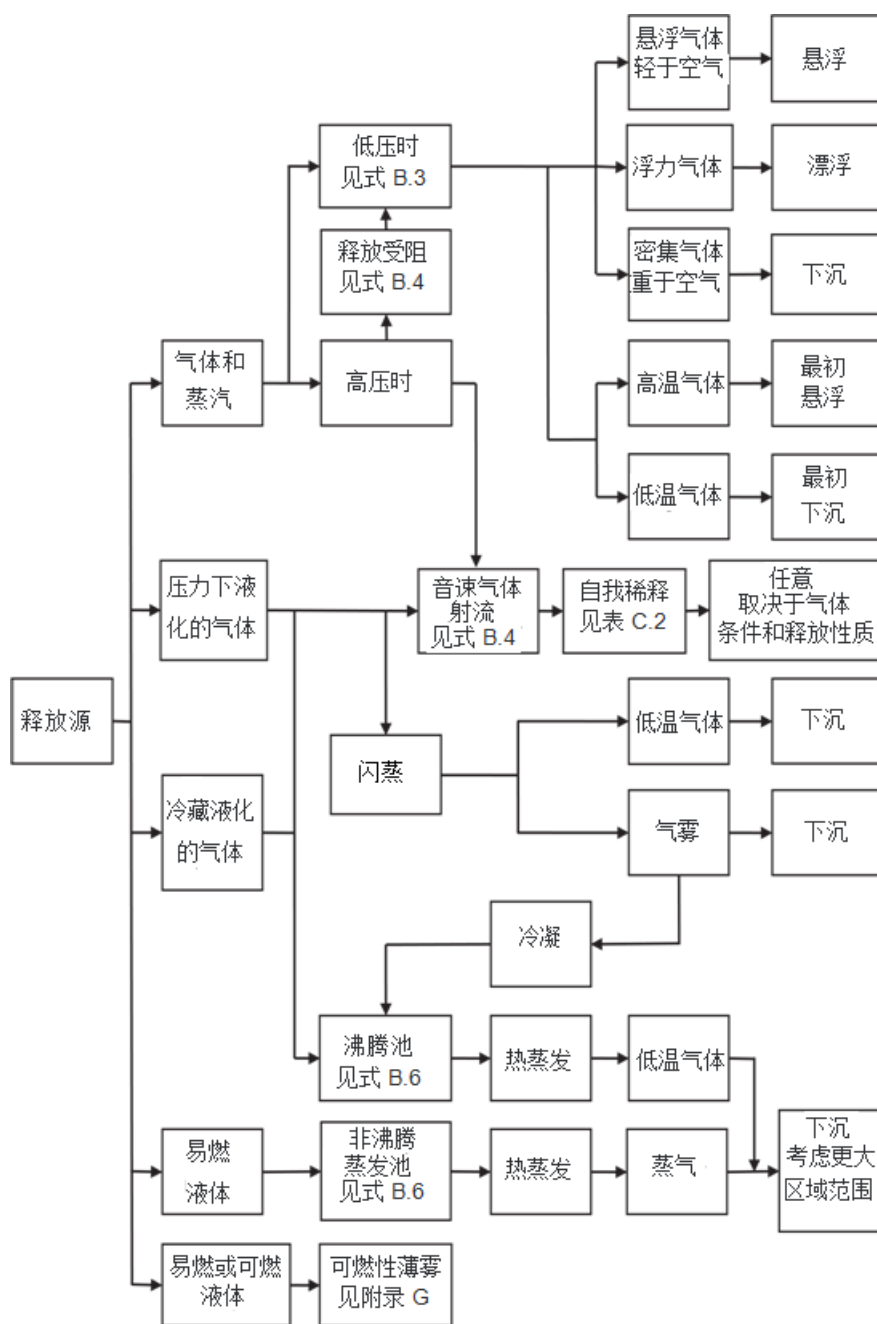
项目类型	项目	泄漏注意事项		
		典型的条件值 释放口不会膨胀 $S(\text{mm}^2)$	典型的条件值 释放开口可能会膨胀，例如 腐蚀 $S(\text{mm}^2)$	典型的条件值 释放开口可能 膨胀至严重故障，如爆裂 $S(\text{mm}^2)$
固定零件上的 密封件	带有压缩纤维 垫圈或类似装 置的法兰	≥ 0.025 到 0.25	> 0.25 到 2.5	(两个螺栓之间的扇区) × (垫圈厚度)通常 $\geq 1\text{mm}$
	带有螺旋缠绕 垫圈或类似装 置的法兰	0.025	0.25	(两个螺栓之间的扇区) × (垫圈厚度)通常 $\geq 0.5\text{mm}$

	环形接头 接合处	0.1	0.25	0.5
	小孔连接达 50mm ^a	≥0.025 到 0.1	>0.1 到 0.25	1.0
低速活动部件 上的密封件	阀杆填料	0.25	2.5	根据设备制造商数据定义 ，但不小于 2,5 mm ^{2 d}
	卸压阀 ^b	0.1(孔口部分)	NA	NA
高速活动部件 上的密封件	泵和 压缩机 ^c	NA	≥1 到 5	根据设备进行定义 制造商的数据和/或过程单 元配置，但不小于 5 mm ^{2 d} 和 e
a 小口径管道上环形接头、螺纹接头、压缩接头(如金属压缩配件)和快速接头的建议孔横截面。 b 该项目不是指阀门完全打开，而是指由于阀门部件故障导致的各种泄漏。特定应用可能需要比建议的更大的孔横截面。 c 往复式压缩机——压缩机和气缸的框架通常不是泄漏的部件，而是活塞杆填料和工艺系统中的各种管道连接。 d 设备制造商的数据 - 要求与设备制造商合作，以评估预期故障情况下的影响(例如，提供带有密封装置相关细节的图纸)。 e 工艺装置配置——在某些情况下(如初步研究)，定义可燃物质最大可接受释放速率的操作分析可以弥补设备制造商数据的不足。 注:其他典型值也可以在与特定应用相关的国家或行业规范中找到。				

理想条件应选择一个范围内的较低值,失效的可能性较低,例如,运行值远低于设计额定值。在操作条件接近设计额定值、不利条件(如振动、温度变化、恶劣的环境条件或气体污染)可能增加失效可能性的情况下,应选择范围内较高的值。通常,无人值守的安装需要特殊的考虑,以避免严重的故障情况。选择孔尺寸的依据应适当记录。

B.6 释放形式

图B.1说明了不同释放形式的一般性质。



图B.1 - 释放形式

B.7 释放速率

B.7.1 总则

释放速率越大，区域范围就越大。释放速率取决于释放源本身的参数，即：

a) 释放的性质和类型；

这与释放源的物理特性有关，例如：开口表面、泄漏法兰等。

b) 释放速率；

对于给定的释放源，释放速率是随释放速度的加快而增大。在加工设备含有可燃性物质情况下，释放速率与工艺压力和释放源的几何形状有关。通过可燃性蒸气的释放速率和扩散的速度来确定可燃性气体或蒸气云的大小，从高速泄漏处流出的气体或蒸气一般会形成带有

空气且会自动稀释的圆锥形的气流。爆炸性环境的范围几乎与气流无关。如果低速释放或释放速度受到固体物阻碍而改变,则释放只有通过气流来进行,并且其稀释和扩散范围取决于气流。

c) 浓度;

释放速率随着释放混合物中可燃性蒸气或气体的浓度的增加而增加。

d) 可燃性液体的挥发性;

首先这与蒸气压力和汽化热有关。如果未知蒸气压力,则沸点和闪点可用作指导性参数。

如果闪点高于可燃性液体相应的最高温度,则爆炸性环境就不可能存在。闪点越低,区域范围可能越大。如果在某种程度上以雾状形式释放可燃性物质(例如喷雾),在物料闪点以下可能形成爆炸性环境。

注1:公布闪点的表和实验可能无法记录准确的值,测试数据也会有所不同。除非知道闪点的值是准确的,否则允许引用值的一些误差。纯液体的误差为 $\pm 5^{\circ}\text{C}$,混合物的误差较大并不少见。

注2:闪点有两种测量方法;闭杯和开杯。对于封闭的设备,为了更加保守,应该使用闭杯闪点。对于打开的可燃液体,可以使用开杯闪点。

注3:尽管某些液体(如卤代碳氢化合物)能够形成爆炸性气体环境,但它却没有闪点。在这些情况下,宜把对应可燃燃烧下限的饱和浓度的液体均衡温度与相应液体的最高温度相比较。

e) 液体温度。

蒸气压力随温度的增加而升高,因此,由于蒸发作用,释放速率增加。

注4:已释放的液体温度可能升高,例如,热表面或高温环境。然而,汽化也会使液体冷却,直到液体的能量输入和热含量达到平衡状态。

B.7.2 估算释放速率

B.7.2.1 总则

本条中给出的方程式和估算方法不适用于所有装置,仅适用于各节中注明的有限条件。由于试图用简化数学模型描述复杂事物的限制,这些方程也提供了指示性的结果。也可以采用其他计算方法。

下列示例给出了可燃性液体和可燃性气体的近似释放速率。考虑通孔的特性可以得出更为精确的释放速率。如果通孔的长度与其宽度相比很长,可燃性物质通过通孔释放时,黏度会大大降低释放速率。这些因素通常考虑进排放系数($C_d \leq 1$)。

排放系数 C_d 是一个经验值,是通过特定的释放和通孔细节的一系列试验得出的。因此,对于每个特定的释放情况, C_d 可能取不同的值。如果没有其他相关信息进行估算,对于有规则形状通孔的项目,如通风孔,不小于0.99;对于不规则孔,不小于0.75是一个相当安全的近似值。

如果将 C_d 应用于计算,应用的值应参考适用于应用程序的指南。

B.7.2.2 液体的释放速率

液体的释放速率可通过下列的近似值进行估算:

$$W = C_d S \sqrt{2 \rho \Delta p} \quad (\text{kg/s})$$

然后需要确定液体释放的蒸发速率。液体释放可以采取多种形式。释放的性质以及如何产生任何蒸气或气体也取决于许多变量。释放的实例包括:

a) 两相释放(即液体和气体释放的组合)液体,例如液化石油气(LPG),包含各种各样的气相和液相,在释放孔之前或在释放孔之后通过热力学或机械相互作用形成。这可能进一步导致液滴和/或液体池形成,有助于蒸气云的液体进一步沸腾。

b) 非闪蒸液体的单相释放。对于具有较高沸点(高于大气压范围)的液体,释放通常包括可在释放源附近蒸发的显着液体组分。由于喷射作用,释放也可能分解成小液滴。然后释放的蒸气将取决于从释放点,任何液滴或任何后续池形成的任何喷射形成和蒸发。由于存在大量条件和变量,因此本标准中未提供用于评估液体释放的蒸气条件的方法。用户应仔细选择合适的模型,观察模型的任何限制和/或对任何结果应用适当保守的方法。

B.7.2.3 气体或蒸气的释放速率

B.7.2.3.1 总则

下面的方程被认为是对气体释放速率的合理估计。如果气体密度接近液化气密度,则可能需要考虑两相释放,如B.7.2.2所述。

如果压缩气体的密度大大低于液态气体的密度,那么容器中气体的释放速率可以通过理想气体的绝热膨胀来评估。

如果气体容器内的压力高于 P_c (临界压力),则抑制气体的释放速率(音速)。

临界压力由下式确定:

$$P_c = P_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} \text{ (Pa)}$$

对于理想气体可以使用下面的公式计算:

$$\gamma = \frac{Mc_p}{Mc_p - R},$$

对于大多数气体的近似 $P_c \approx 1.89 \text{ Pa}$ 一般用于快速估计。与一般工业过程中的大多数操作压力相比,临界压力通常较低。临界压力以下的压力通常存在于燃烧设备的终端气体提供管道中,如加热器、熔炉、反应器、焚烧炉、蒸发器、蒸气发生器、锅炉和其他工艺设备。这种压力也可以在中等超压的大气储罐中发现(通常高达0.5巴)。

在下面的方程中,理想气体的压缩系数是1.0。对于实际气体,可压缩系数取小于或大于1.0的值,这取决于有关气体的类型、压力和温度。对于中低压, $Z = 1.0$ 可以作为一个合理的近似,并且可能是保守的。对于较高的压力,如50 bar以上,以及需要提高精度的地方,应采用实际压缩系数。压缩系数的数值可以在气体性质的数据书中找到。

B.7.2.3.2 不带节流速度气体的释放速率(次音速释放)

对于特殊气体来说,不被节流的气流以低于音速的速度排出。

如果气流速度不被节流,那么容器中气体的释放速率可以通过下面的近似值进行估算:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\frac{M}{ZRT} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \left(\frac{p_a}{p} \right)^{1/\gamma}} \quad (\text{kg/s}) \quad (\text{B.3})$$

B.7.2.3.3 带有节流速度气体的释放速率(音速释放)

对于气体来说,被节流气流的速度(见A.3.2)等于音速。这是理论上排放速率的最大值。

如果气流速度被节流,那么容器中气体的释放速率可以通过下面的近似值进行估算:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (\text{kg/s}) \quad (\text{B.4})$$

气体的体积流量 (m^3/s) 等于:

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (\text{B.5})$$

式中

$$\rho_g = \frac{p_a M}{R T_a}$$

是气体的密度 (kg/m^3)。

注:当气体在排放口的温度可能低于环境温度时, T_a 通常被用作等于气体温度的近似值,以便于计算。

B.7.3 蒸发池释放速率

蒸发池可能是液体溢出或泄漏的结果,但也是可燃液体存储或处理在一个开放容器中的过程系统的一部分。本节的评估不适用于较薄的表面溢油,因为没有考虑到可能与此类溢油有关的具体因素,例如液体溅出表面的热力学输入。

对下列评估作出以下假设:

- 没有相变,羽流在环境温度下(相和温度的变化会导致分散和蒸发速率的变化)。
- 释放的可燃物质具有中性浮力。在本分析中,比空气蒸气重的气体与中性浮力气体的处理方法是一样的,这将导致一个类似的评估。
- 在本分析中,没有考虑灾难性溢流损失的连续释放。
- 液体瞬间从容器中溢出到表面,形成一个 1cm 深的水池,并在环境条件下蒸发。

则蒸发速率可由下式估算:

$$W_e = \frac{6,55 u_w^{0,78} A_p p_v M^{0,667}}{R \times T} \quad (\text{kg/s}) \quad (\text{B.6})$$

注1:该方程的来源为美国环境保护局、联邦紧急事务管理署、美国运输部,1987年12月《极端危险物质危险分析应急规划技术指南》。

注2:蒸气压可通过各种方法估算,如由安托万方程导出。

注3:假设沸点蒸气压为101.3 kPa。

由于蒸气的密度(kg/m³)是:

$$\rho_g = \frac{p_a M}{R T_a} \left(\text{kg/m}^3 \right)$$

体积蒸发速率(m³/s)的近似值为:

$$Q_g \approx \frac{6.5 u_w^{0.78} A_p p_v}{10^5 M^{0.333}} \times \frac{T_a}{T} \left(\text{m}^3/\text{s} \right)$$

(B. 7)

注4:由于 p_v 随液体温度的升高而增大,蒸发速率最终随 T 的增大而增大。

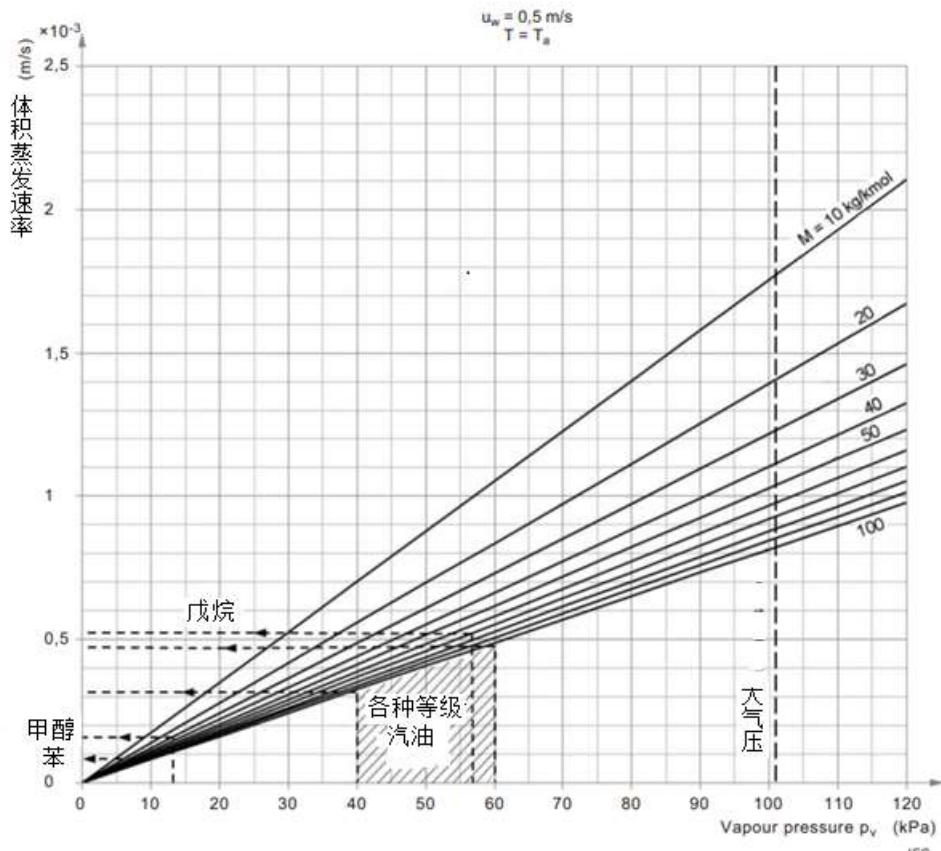
假设水池表面积为10 m²,地面以上风速为0.5 m/s,液体温度等于环境温度,则体积蒸发速率(m³/s)为:

$$Q_g \approx \frac{3.78 \times 10^{-5} p_v}{M^{0.333}} \left(\text{m}^3/\text{s} \right)$$

(B. 8)

实际的池面积应根据泄漏液体的数量和泄漏位置的梯度、聚束等局部条件确定。

用于评价蒸发速率的风速应与以后估算稀释程度时的风速一致(见C. 3. 4)。应该强调的是,增加风速,速度会增加蒸发,但同时有助于稀释可燃气体或蒸气。



图B. 2 - 液体的体积蒸发率

图B.2中的图表基于方程B.8。纵轴上的值表示池表面积为1.0 m。因此，蒸发速率是通过将垂直轴上的值与实际池表面积相乘得到的。

风速为0.5 m/s是地面以上气象平静的特征。通常，它代表了关于蒸气分散的最坏情况，但不是关于蒸发速率的最坏情况。

水平轴上的蒸气压力值应取相应的液体温度。

B.8 建筑物通孔释放

下列示例为建筑物或墙壁上的通孔提供了例子。不作为强制使用，可按需要做一些变动以适合具体的情况。

B.8.1 作为可能的释放源的通孔

场所之间的通孔应视为可能的释放源。释放源的等级与下列情况有关：

- 邻近场所区域类型；
- 孔开启的频率和持续时间；
- 密封或连接的有效性；
- 涉及到的场所之间的压差。

B.8.2 通孔分类

通孔按下列特性分为A、B、C和D型。

A型——通孔不符合B、C或D型规定的特性。

举例：

穿越或使用的通孔，例如：穿越墙、天花板和地板的导管、管道；

经常打开的通孔；

房屋、建筑物内的固定通风口和类似B、C及D型的经常或长时间打开的通孔。

B型——正常情况下关闭(例如：自动关闭)，并且不经常打开，而且关闭紧密的通孔。

C型——正常情况下通孔封闭(例如：自动关闭)，并沿着整个周边还安装有密封装置(例如：密封垫)；或有两个串连的B型通孔，而且具有单独自动封闭装置。

D型——符合C型要求通常是封闭的通孔，只能用专用工具或在紧急情况下才能打开。

D型通孔是有效密封的使用通道(例如：导管、管道)或是靠近危险场所的C型通孔和B型通孔的串连组合。

通孔对不同释放等级的影响

通孔上游气流的区域	通孔型式	作为释放源的通孔释放等级
0区	A B C D	连续级 (连续)/1级 2级 2级
1区	A B C D	1级 (1级)/2级 (2级)/无释放 无释放
2区	A B C D	2级 (2级)/无释放 无释放 无释放

注：括号内示出的释放等级为通孔频繁操作的情况。

也可以根据基本原理确定通孔的释放等级。

考虑到产生室内危险区的释放源的释放等级，可以确定室内自然通风分类位置与室外非分类区域之间的开口的释放等级。

附录 C (资料性附录) 通风指南

C.1 符号

A_1 —上风向或下开口的有效面积(m^2)；
 A_2 —下风或上开口(如适用)的有效面积(m^2)。
 A_e —相同高度上、下风向开口的等效有效面积(m^2)；
 A_e —下开口等效有效面积(m^2)；房间换气频率(s^{-1})；
 C —房间换气频率(s^{-1})；
 ΔC_p —建筑物压力系数特性(无量纲)；
 C_d —排放系数(无量纲)，大通风孔、入口或出口的特征，并考虑到湍流和粘度的影响，通常为0.50到0.75；
 f —房间平均背景浓度 X_b 除以通风出口浓度(无量纲)；
 g —重力加速度($9.81\ m/s^2$)
 H —上下开口中点垂直距离(m)
 k —LFL的安全系数
 LFL —可燃燃烧下限(vol/vol)；
 M —气体或蒸气的分子质量($kg/kmol$)
 P_a —大气压力(101 325 Pa)；
 Δp —风和温度影响的压差(Pa)；
 Q_a —空气的体积流速(m^3/s)；
 Q_1 —通过小孔进入房间的空气的体积流速(m^3/s)；
 Q_g —源可燃气体的体积流速(m^3/s)；
 $Q_2 = Q_1 + Q_g$ —离开房间的空气/气体混合物的体积流速(m^3/s)；
 R —通用气体常数(8314 J/kmol K)；
 ρ_a —空气的密度(kg/m^3)；
 ρ_g —气体或蒸气的密度(kg/m^3)；
 T_a —绝对环境温度(K)；
 T_{in} —室内温度(K)；
 T_{out} —室外温度(K)；
 ΔT —室内和室外温度的温差(K)；
 u_w —适当情况下，在指定参考高度或给定释放条件下的风速(m/s)；
 V_0 —考虑的体积(房间或建筑物)；
 W_g —可燃物质量释放率(kg/s)，对于混合物，只应考虑可燃物质的总质量；
 X_b —背景浓度(vol/vol)；

C.2 总则

本附录的目的是通过评估气体或蒸气释放的类型和程度,并将这些因素与这些气体或蒸气通过通风或空气流动的分散和稀释进行比较,从而对确定区域的类型提供指导。

应强调,释放可能有多种形式,并受到许多条件的影响(参见B.6)。这些包括:

- 气体、蒸气或液体;
- 室内或室外情况;
- 阻塞或通畅情况;
- 气体或蒸气密度。

本附录旨在就评估通风和消散情况以确定区域类型提供定性指导。本指南适用于每一节所述的条件,因此可能不适用于所有安装。

本指南可用于选择和评估人工通风系统和自然通风安排,因为这些对控制和分散封闭空间内可燃气体和蒸气的排放至关重要。

注:特殊用途的通风标准也可在国家标准或行业规范中找到。

在整个过程中,必须区分通风(空气进入和离开房间或其他封闭空间的机制)和分散(云稀释的机制)的概念。这些是非常不同的概念,而且都很重要。

在室内情况下,应注意的是,危险区取决于通风速度、预期气体来源的性质和所释放气体的性质,特别是气体密度/浮力。在某些情况下,危险区可能取决于通风;在另一些情况下,它几乎是独立的。

在室外情况下,通风的概念并不严格适用,其危险区将取决于气源的性质、气体的性质和周围空气流量。在露天情况下,空气流动往往足以确保在该地区出现的任何爆炸性气体气氛得到分散。表C.1提供了室外情况下的风速指南。

C.3 通风和稀释的评定及其对危险区域的影响

C.3.1 总述

可燃气体或蒸气云的大小和释放停止后持续的时间通常可以通过通风来控制。评估控制爆炸性气体环境的程度和持久性所需稀释度的方法如下所述。也可以应用来自注明来源的其他计算或替代计算形式,例如计算流体动力学(计算流体动力学)。

稀释程度的任何评定首先需要评定预期释放条件,包括释放源的大小和源处气体或蒸气的最大释放速率(见附录B)。

通常情况下,连续级释放会导致0区、1区的一级释放和2区的二级释放。然而,并非总是如此,可能会因释放物与足够空气混合稀释至安全水平的能力而异。

在某些情况下,稀释程度和通风可用性水平可能很高,以至于实际上不存在危险区域或可忽略的危险区域。或者,稀释程度可能非常低,以至于所得区域的区域编号比释放等级可能适用的区域编号更低(即来自二级来源的区域1危险区域)。例如,当通风水平使得爆炸性气体环境持续存在并且仅在气体或蒸气释放停止后才缓慢扩散时,就会发生这种情况。因此,爆炸性气体环境持续的时间比预期的释放等级要长。

释放物的稀释度由释放物的动量和浮力与释放物扩散的大气之间的相互作用决定。对于无阻碍的喷射释放,例如从排气口释放,喷射动量占主导地位,初始分散由释放和大气之间的剪切决定。然而,如果喷射释放处于低速或受到阻碍,以致动量被改变方向或消散,释放浮力和大气效应变得更加重要。

对于轻于空气气体的少量释放,大气中的扩散将占主导地位,例如类似于香烟烟雾的扩散。对于比空气轻的气体释放量较大的情况,最终可能会达到这一阶段,特别是在低风速条件下,此时释放浮力很大,释放物将从地面升起并像羽流一样散开,例如类似于大型篝火的羽流。对于从液体表面释放的蒸气,蒸气浮力和局部空气运动将主导扩散行为。

在所有情况下，如果有足够的新鲜空气将释放物稀释到非常小的浓度(即远低于LFL)，稀释的气体或蒸气将倾向于随着空气的总体质量移动，并表现出中性行为。达到这种中性行为的确切浓度将取决于气体或蒸气与空气的相对密度。对于较大的相对密度差，中性行为需要较低的气体或蒸气浓度。

C.3.2 通风的有效性

最重要的因素是通风的有效性，换句话说，是相对于可燃物质的类型、释放位置和释放速率的空气量。就可能的释放速率而言，通风量越高，区域(危险区域)的范围就越小，爆炸性空气的持续时间就越短。对于给定的释放速率，通风效率足够高时，危险区域的范围可以减小到可以忽略的程度(东北)，并被视为非危险区域。

C.3.3 稀释标准

稀释标准基于任何释放的两个特征值：

- 相对释放速率(释放速率与 LFL 质量单位之比)；
- 通风速度(象征大气不稳定的值，即室外通风或风速引起的气流)。

两者之间的关系决定了稀释程度，如图C1所示

C.3.4 通风速度评定

如果存在气体泄漏，必须将气体运走，否则会发生气体积聚。气体可以通过由气体泄漏中的动量引起的流动、由气体引起的浮力、或由自然或强制通风或风引起的流动而被运走。

除非非常清楚动量不会被碰撞或几何形状的其他影响破坏，否则通常不应考虑释放过程中动量引起的流动。

输送气体的流量应主要根据室内通风情况的评定或室外风引起的流量进行评定。

对于室内情况，流速或通风速度可以基于通风引起的平均流速。这可以计算为空气/气体混合物的体积流量除以垂直于流量的横截面积。由于通风效率低或由于气流被不同物体阻挡，该空气速度应降低一个因素。如果需要特定的细节或精度来估计房间不同部分的通风速度，建议使用计算流体动力学(计算流体动力学)模拟。

对于自然通风的封闭空间和开放区域，通风速度应评定为超过95 %的时间。这种通风的可用性可以被认为是“公平的”。

开放区域的通风速度可以基于风速统计，使用考虑应用于任何天气统计的参考高度的降低因子。公布的数值通常适用于加工厂高度以上的高程，并且可能需要因地形、建筑物、植被和其他障碍物等局部几何形状而降低。例如，在具有许多结构、管道和工艺设备的工艺区域中，有效通风速度通常可以低至工厂上方自由流速的1/10。评定也可以通过测量工厂周围某些位置的速度并将其与公布的数字进行比较来进行。计算流体动力学(计算流体动力学)也推荐用于任何复杂的工厂，其中有许多设备项目可能影响局部空气流动。

比空气轻的气体倾向于向上移动，通风通常会更好，浮力也可能将气体带走。这可以通过增加这种释放的有效通风速度来考虑。对于相对密度小于0.8的释放，通常认为在室外条件下有效通风速度至少为0.5m/s是安全的。这种最小通风的可用性可以被认为是好的。

比空气重的气体倾向于向下移动，通风通常会较低，并且有可能在地面积聚。这可以通过降低有效通风速度来考虑。由于分子量或低温，气体可能很重。高压泄漏会导致低温。对于相对密度大于1.0的气体，有效通风速度应降低约2倍。

在没有统计数据的地方，表C1说明了定义室外通风速度值的实用方法。

表C.1-指示室外通风速度(Uw)

室外位置的类型	无阻区域	受阻区域
---------	------	------

地面标高	≤ 2 m	>2m至5m	>5m	2m	>2m至5m	>5m
估算轻于空气气体/蒸气释放稀释的指示通风速度	0.5m/s	1m/s	2m/s	0.5m/s	0.5m/s	1m/s
用于估计比空气气体/蒸气释放更重的稀释的指示通风速度	0.3m/s	0.6m/s	1m/s	0.15m/s	0.3m/s	1m/s
用于估算任何高度的液体池蒸发速率的指示通风速度	>0.25m/s			>0.1m/s		
一般来说,表中的数值可在通风良好的情况下考虑(见D2)。 对于室内区域,评定通常应基于假设的0.05 m/s的最小空气速度,该速度几乎无处不在。在特定情况下(例如靠近进气口/排气口),可以假设不同的值。在布置的可控制通风的地方,可以计算最小通风速度。						

C.3.5 稀释程度的评定

稀释程度可用图C.1中的图表来评定:

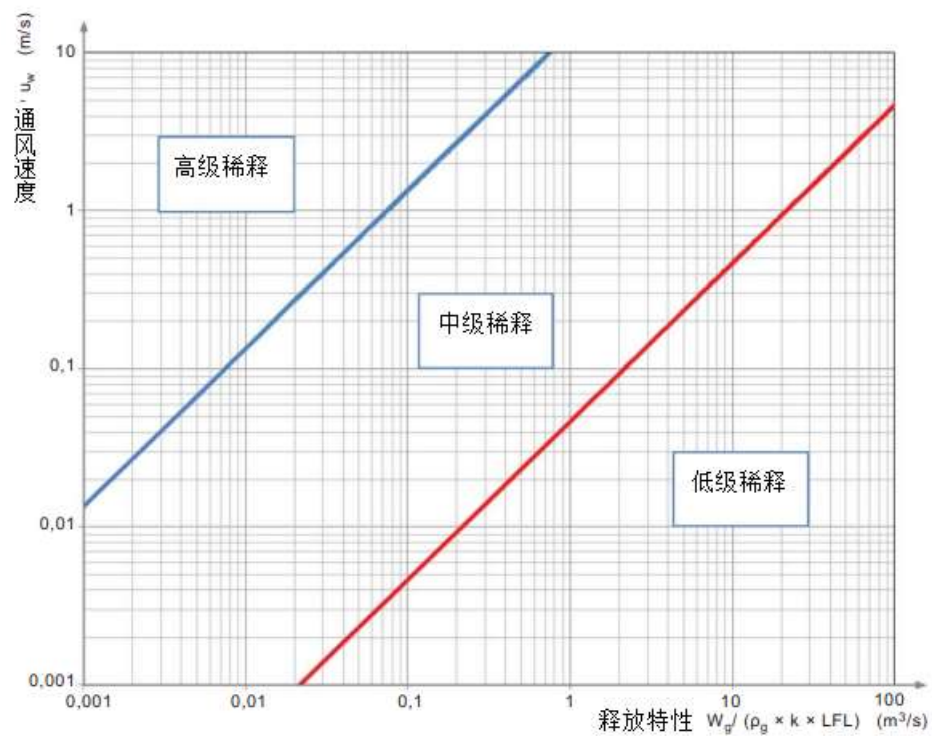


图 C.1 - 稀释度评定图

$$\frac{W_g}{\rho_g k LFL}$$

释放特征 (m³/s)

$$\rho_g = \frac{p_a M}{R T_a}$$

气体/蒸气的密度 (kg/m³)

k

LFL的安全系数，一般在0.5和1.0之间。

图C.1基于初始零背景浓度。

稀释度是通过找到水平轴和垂直轴上显示的各个值的交点来获得的。图表区在“稀释高”和“稀释介质”之间的分界线代表0.1 m³的可燃体积，因此曲线上的任何交叉点都意味着更小的可燃体积。

在空气流动没有明显限制的室外，如果不满足高稀释条件，稀释度应归类为中等。低稀释度通常不会出现在露天环境中。对空气流动有限制的情况，例如，在矿井中，应以与封闭区域相同的方式考虑。

对于室内应用，用户还应根据C.3.6.2评定背景浓度，如果背景浓度超过LFL浓度的25%，稀释度通常应被视为较低。

C.3.6 室内稀释

C.3.6.1 总述

对于气体的喷射释放，由于在膨胀的射流中夹带空气，即使没有任何局部空气运动，稀释也可能发生。然而，如果射流由于对附近物体的冲击而受阻，那么自稀释能力就会大大降低。

稀释程度也可以通过评定可燃物质的平均背景浓度来评定(见C.3.6.2)。释放速率与通气速率的比率越高，背景浓度 X_b 越高，稀释度越低。

在评定背景浓度时，必须仔细选择释放速率、通风速率和效率因子，以考虑所有相关因素，并考虑适当的安全裕度。通风效率因子应识别在空间中是否有再循环或阻碍气流的可能性，与良好的气流模式相比，这可能会降低效率。

零背景浓度仅应考虑在室外或具有局部抽气通风的区域，该区域控制释放源附近可燃物质的移动。可以忽略不计的背景浓度，称为 $X_b \leq X_{crit}$ ，可以在通风良好的房间或封闭空间中考虑。标准是低于LFL的任意值，例如，气体探测器设置为报警的值。

低背景浓度并不意味着整个房间是一个没有危险的区域。房间的大部分可能被认为是无害的，但是在释放物充分分散之前，释放物源附近的区域仍然是危险区域(类似于露天情况)。

对背景浓度和释放源周围可能区域范围的考虑也需要通过考虑封闭空间中可能的分散模式变化的实际因素来调节。许多封闭区域包含多个释放源，在通常被归类为非危险的封闭区域内有多个小的危险区域并不是一个好的做法。此外，在一个相对较小的房间内有一个有限的危险区域也不是一个好的做法，整个房间都应该考虑统一分类。

C.3.6.2 通风室内的背景浓度和释放

对于室内释放，有必要指定体现通风效果的室内背景浓度 X_b 。背景浓度是指在通风引起的空气释放和流动之间建立稳定状态一段时间后，所考虑体积(房间或建筑物)内可燃物质的平均浓度。

考虑背景浓度则有一种用于评定房间通风的方法，与气体或蒸气的扩散相比，该方法去除了气体或蒸气。然后，该比率会影响稀释度的考虑。

背景(体积/体积)浓度可评定为：

$$X_b = \frac{f \times Q_g}{Q_g + Q_1} = \frac{f \times Q_g}{Q_2} (\text{vol/vol})$$

(C.1)

换风频率与通风量的关系为:

$$Q_2 = CV_0 (\text{m}^3/\text{s})$$

最终达到的平均背景浓度 X_b 取决于源和通风通量的相对大小,但是达到这一点的时间尺度与空气变化频率成反比。

f 是释放区外封闭空间内空气充分混合程度的量度,可考虑如下:

背景浓度基本上是均匀的,出口远离释放物,因此出口处的浓度反映了平均背景浓度。

$f=1$;

由于混合效率低,室内背景浓度有梯度,出口远离释放物本身,因此出

$f>1$; 口处的浓度小于平均背景浓度。 f 可能介于轻度低效的混合1.5和非常低效的混合5之间。

鉴于 $f=1$ 或 $f>1$ 的情况,该值可表示为与混合效率低下相关的安全系数(因为逐渐增大的值反映了室内空气混合效率逐渐降低)。这一因素考虑到了在有障碍物的真实空间中气流模式的不畅,以及通风孔可能不在最大通风的理想位置(参见第五章)。

注:仅仅是描述空气如何进入房间的通风,并不能说明预期的危险体积。这取决于气体、蒸气和空气如何在室内分布,也就是说,取决于分散情况。

C.3.7 通风的有效性准则

C.3.7.1 总则

通风的有效性影响着爆炸性气体环境的存在或形成,因此,当确定区域类型时,需要考虑通风的有效性(与等级相同)。

通风有效性应划分成以下三个等级(见表D.1)。

——**良好**: 通风连续存在;

——**一般**: 在正常运行时,预计通风存在。允许发生短时、不经常的不连续通风;

——**差**: 不能满足“良好”或“一般”标准的通风,但预计不会出现长时间的不连续通风。

对于差的通风都不能满足的通风条件,不得考虑成有通风条件的场所,即低稀释度适用。

不同类型的通风需要不同的方法来评定它们的可用性,例如室内自然通风的可用性永远不会被认为是好的,因为它在很大程度上取决于环境条件,即室外温度和风(见第5节)。事实上,自然通风的可用性取决于室内或室外条件评定的现实程度,即是否应用了最坏的情况。如果是的话,那么可用性水平可能是公平的,但永远不会好。必须假设,用于计算的室内和室外温度差越大,稀释爆炸性空气的可用性水平就越低。

另一方面,为暴露在爆炸条件下的区域服务的人工通风通常具有良好的可用性,因为它结合了提供高度可靠性的技术手段。

可用性水平应尽可能现实地评定,并考虑所有相关因素。对于室外气体喷射释放,稀释会发生,而与周围的风无关,因此分散必须被视为等同于室内通风的良好可用性。

C.3.7.2 自然通风标准

在自然通风的情况下,应考虑最坏的情况来确定通风程度。这样的场景将导致更高的可用性级别。通常,对于任何自然通风,通风程度越低,可用性越高,反之亦然。这将弥补评定通风程度过程中过于乐观的假设。

有些情况需要特别小心。在封闭空间自然通风的情况下,需要考虑不利条件。即这种情况发生的频率和概率。例如,在炎热多风的夏季,存在两种可能的情况。在一种情况下,室内温度可能略高于室外温度,因此浮力引起的通风可能难以工作,并且来自某个方向的风可能阻止空气流动。因此,在这种情况下,通风不良和可用性差相结合,这可能导致更复杂的分类。在另一种情况下,如果只考虑浮力,那么适度的浮力诱导通风几乎可以一直存在,因此可用性可以被估计为公平的。

C.3.7.3 人工通风标准

在评定人工通风的可用性时,应考虑设备的可靠性和备用鼓风机的可用性。良好的可用性通常需要在故障时自动启动备用鼓风机。然而,如果规定在通风失败时防止可燃物质的释放(例如,通过自动关闭过程),则不需要修改通风操作确定的分类,即可用性可以被认为是好的。

C.4 通风布置和评定的示例

C.4.1 引言

以下示例旨在根据第6条和第7条中概述的原则说明可燃物质释放和通风之间的相互作用。重要的是要理解稀释是一个复杂的过程,它是通过释放射流边界的空气夹带,或者通过与通风流动或大气不稳定引起的空气混合而发生的。通常,这两种都被考虑,因为射流最终会变成被动羽流,容易受到空气运动的影响。与空气混合通常不会在整个通风空间均匀发生,与空气混合的结果是背景浓度只是对所考虑体积平均污染的一个非常粗略的测量。

在真正通风的空间中,通风装置可能不足以均匀稀释可燃物质。实际上,分散和稀释的真实性质可能与通过计算获得的平均结果有很大差异。通风装置,即入口和出口相对于彼此以及相对于释放源的位置,有时对大气的影晌可能大于通风本身的能力。

以下示例说明了儿种可能的场景,这些场景可能有助于更好地理解可能适合特定情况的通风布置。

C.4.2 大型建筑中的喷射释放

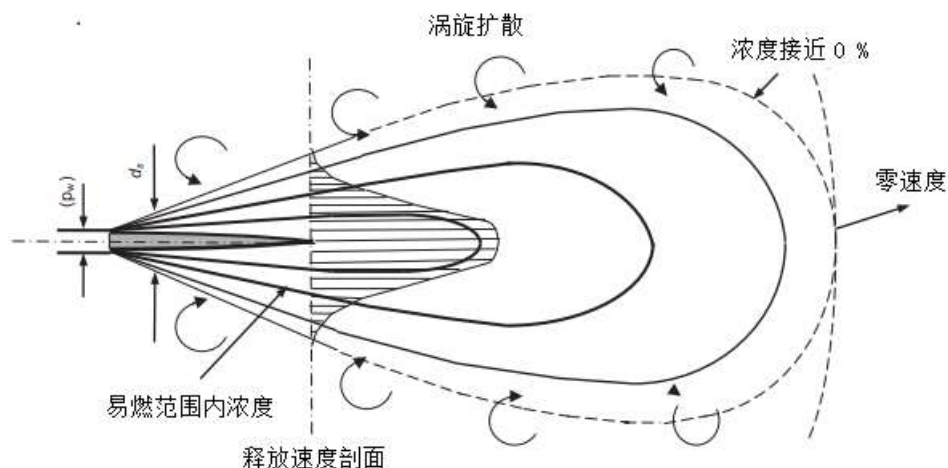
该示例(见图C.2)说明了在大空间中气体释放源数量有限的情况,例如从管件中释放的气体。

如果压力很高,管件中的小泄漏预计会产生高速射流释放。即使大楼里没有其他明显的空气流动,飞机也会自行稀释和分散。

对于通风正常的空间(例如,良好尺寸的门和墙壁开口和/或屋顶通风或其他指定的通风设备),空间体积和自然空气流动表明稀释程度中等,通风的可用性公平。

对于通风不良的空间(如不通风的地下室),喷射释放最初可能会自行稀释并扩散到空间中,但缺乏空气流动也可能导致空间中气体的长期积聚。在这种情况下,释放出来的稀释气体将在持续的喷射释放中重新进入,导致背景气体浓度的增加。

除非通风设备足以控制空间中的背景浓度,否则稀释度被认为很低。然而,在整个空间中提供不同的区域分类仍然是可行的。



注： d_s 是伪源半径，即下游截面的射流半径，在此处射流变为等压(降低到大气压)。

图 C.2 - 无阻碍高速射流释放的自扩散

C.4.3 小型自然通风建筑中的喷射释放

这个例子说明了在小房间或建筑物中可能存在气体释放源的情况。

分散和稀释系数与6.5.4中描述的相同。

如果建筑物包括通风设施，以确保从排放物中充分排除任何气体，则建筑物内部可被视为中度稀释。

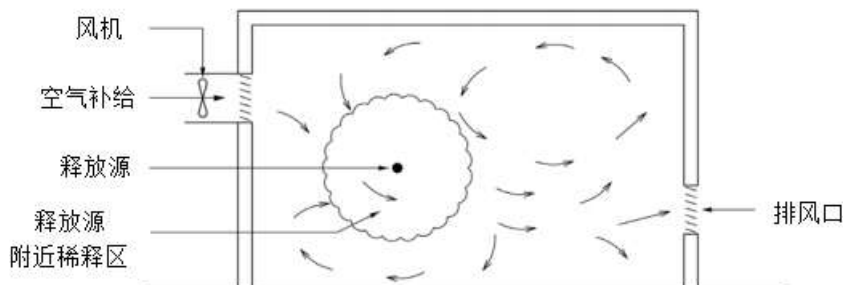
当稀释度较低时，通常的做法是为封闭空间提供一个单一的区域分类，而不考虑释放源的数量。

C.4.4 小型人工通风建筑中的喷射释放

这个例子(见图C.3)可能适用于气体压缩机室等情况。

无论通风速率或通风系统的布置如何，除非压力非常低，否则射流释放不可能在释放源处立即稀释到LFL以下。因此，释放源的稀释程度很少能描述为高。

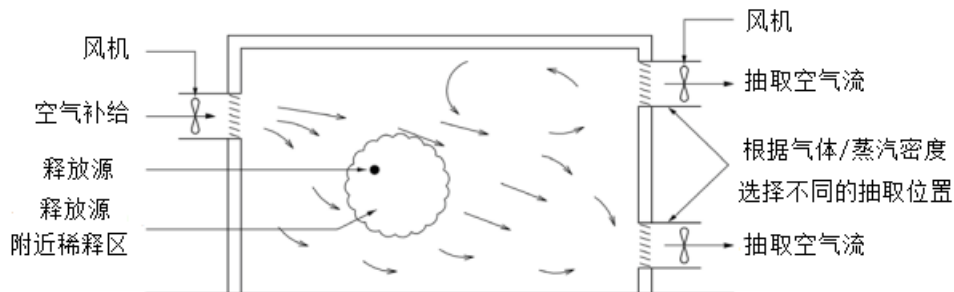
剩余空间的稀释程度很大程度上取决于人工通风的布置和速度。稀释度也可能对这两个因素高度敏感，如图C.3和C.4所示



图C.3 - 仅提供通风

在这种情况下，封闭空间通过通风口提供等量的新鲜空气。

尽管每小时换气次数明显较高,但通风装置可以在封闭体内产生循环空气运动,导致背景浓度升高。看待这个问题的另一种方法是,新气体增加了来自释放源的稀释体积。发生这种情况时,稀释度应视为低。



图C.4 - 提供和抽取通风

在这种情况下,封闭空间既有提供通风又有抽取通风。与仅提供情况一样,通风装置有可能产生再循环空气运动,并导致稀释气体重新夹带到射流释放中,从而增加背景气体浓度。

仔细考虑通风布置和抽取点的位置,可以最大限度地减少任何再循环空气模式。在这种情况下,可以实现中等甚至更高的稀释度。

注:通风通常仅作为一般或局部提取系统使用(局部抽取通风见6.5.3.3)。

C.4.5 低速释放

低速释放在许多工业过程中很常见,包括可燃液体从通风口、浴槽、排水管或印刷和喷漆中蒸发等应用。

如果射流撞击表面,射流释放也可以被认为是低速释放。随着射流变成被动羽流,射流的速度会降低。

对于低速释放,扩散和稀释在很大程度上受空间空气运动和气体或蒸气浮力的影响。

至于射流释放,稀释程度将取决于建筑物或房间的大小、释放速率以及通过一般通风控制任何背景浓度的能力。

C.4.6 逃逸性排放

散逸性排放是由于泄漏(通常在 10^{-7} kg/s和 10^{-9} kg/s之间)而从加压设备中少量释放的气体或蒸气。尽管这些释放量很小,但仍可能积聚在不通风的封闭空间中。

这种逃逸性排放物可能会在一段时间内累积,从而导致爆炸危险。因此,在设计特定的设施或设备时,如分析仪外壳和密封外壳,如仪表板或仪表天气保护外壳、隔热加热外壳或管道装置和隔热外壳之间的封闭空间或带有高压气体管线的类似物品时,必须小心谨慎。此类物品应配备通风设备或气体扩散设备,即使仅在关键时期。在不可能或可行的情况下,应努力将主要潜在释放源排除在外壳之外,例如,管道连接通常应排除在绝缘外壳以及可能被视为潜在释放源的任何其他设备之外。

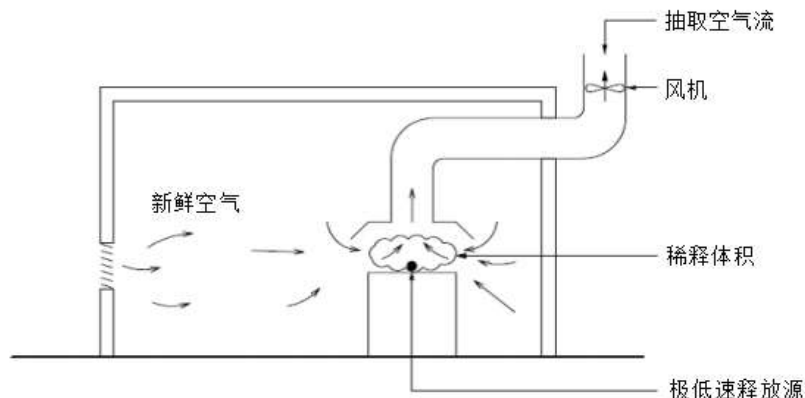
如果使用紧密封闭的封闭空间,自然通风的封闭空间的通风效率和可用性可能需要分别考虑低通风和低通风。

C.4.7 局部通风-抽取

只要可行,建议进行局部人工通风(见图C.5)。

局部人工通风可以提高释放源附近的稀释度。更重要的是，局部人工通风应控制气体或蒸气的移动，以限制气体或蒸气超出局部通风系统的预期影响区域。在达到这一点的情况下，释放源周围的稀释程度可视为介质。

一般来说，局部人工通风应位于释放源附近，这样才有效。当释放源的释放速度非常低时，局部人工通风可能非常有效。由于局部人工通风需要克服气体或蒸气的释放速度来控制释放的运动，因此局部人工通风对于喷射释放的适用性比其他释放形式大大降低。



图C.5 – 局部抽气通风

C.5 建筑物中的自然通风

C.5.1 总则

以下条款提供了评定建筑物自然通风的方法。

C.5.2 风诱导通风

建筑物内部空气流动的程度将取决于开口相对于风向的大小和位置，以及建筑物的形状。即使墙壁和/或屋顶上没有“建筑”开口，或者这些开口是封闭的，通风流动也可能是由通过非气密门窗或结构部分的裂缝和缝隙渗透引起的。这里使用的方程假设气流通过为通风而设计的开口，而不是渗透。这一理念也适用于危险区域的分类。

通风意味着空气的进出，一些开口将主要作为入口，而另一些开口将作为出口。迎风(逆风)开口通常作为入口，背风(顺风)和屋顶开口作为出口。这意味着，只有对特定位置的风玫瑰图有很好的了解，才能估计风诱导通风。

风诱导通风的驱动力是建筑物迎风面和背风面之间的压差。

风引起的气流可以表示为：

$$Q_a = C_d A_e u_w \sqrt{\frac{\Delta C_p}{2}} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (\text{C.2})$$

$$A_e = \sqrt{\frac{2A_1^2 A_2^2}{A_1^2 + A_2^2}} \quad (\text{m}^2) \quad (\text{C.3})$$

C_d 值应来源于通风或建筑规范。

A_i 和 A_e 的值分别指逆风和顺风开口的有效面积。

CFD建模或风洞试验也可用于为建筑物提供更可靠的压力系数评定。

风力和风向是可变的，一般不可预测。表C.1中提供了风速指南。应结合其他类型的通风来考虑风，以验证它是补充还是反对其他通风。如果完全由风引起的通风的入口和出口与其他通风源的入口和出口相同，风可能具有积极的效果，但是如果它们相反，则会产生削弱效果。例如，如果屋顶上有通风开口，任何方向的风都将产生积极的影响，但是如果出口通风开口恰好在逆风方向，则会产生不利的影响。

C.5.3 浮力诱导通风

如果室内平均温度高于室外温度，室内空气的密度就会降低。如果封闭空间具有不同高度的开口，空气将通过下部开口进入，并通过上部开口离开。流速将随着温差的增大而增大。因此，浮力诱导通风在较低的室外环境温度下会更有效。在较高的室外环境温度下，浮力诱导通风将变得不那么有效，如果室外环境温度上升到室内温度以上，气流将会逆转。

由于自然原因、人为加热或工艺加热，室内温度可能会更高。室内也可能产生热流，从而改变室内平均温度的影响。假设建筑物内部完全混合，室内室外都可以使用恒温。

对于温度梯度，假设下部开口处的内部温度与外部温度 T_{out} 相同，并且上部开口处的内部温度为 T_{in} ，则空气的体积流量可由以下等式计算：

$$Q_a = C_d A_e \sqrt{\frac{\Delta T}{(T_{in} + T_{out})} g H} \quad (m^3/s)$$

$$A_e = \sqrt{\frac{2A_1^2 A_2^2}{A_1^2 + A_2^2}} \quad (m^2)$$

(C.4) (C.5)

A_i 和 A_e 的值分别指下部和上部开口的有效面积。

这些方程只对入口和出口相对于彼此位于相对壁上的房间给出合理的结果(见图C.7)，并且很少或没有阻碍空气自由流动的障碍物。此外，如果下开口和上开口 H 的中点之间的垂直距离小而水平距离大，则浮力诱导通风将减少，并且计算可能不太准确。例如，当高度小于房间宽度时，必须应用与通风效率低下相关的安全系数(见C.3.6.1)。

排放系数 C_d 是一个经验值，它是通过一系列针对特定释放情况和特定类型开口或孔的实验获得的。任何大于0.75的值都应基于应用程序的既定参考。

室内温度必须高于室外温度，以达到浮力诱导通风的必要条件。在室外环境温度高的时期，室内温度可能会低于室外温度，除非室内有热源。温度梯度也受建筑物质的影响，对于某些建筑，在某些条件下室内温度可能低于室外温度。如果室内温度低于室外温度，则方程C.4不适用。

上下开口中点之间的垂直距离越大，自然通风就越有效。对于浮力诱导通风，入口最理想的位置是在相对壁的底部，出口最理想的位置是在顶部。然而，在这不可行的情况下，入口和出口应位于相对的壁上，以提供空气在整个区域的流动。

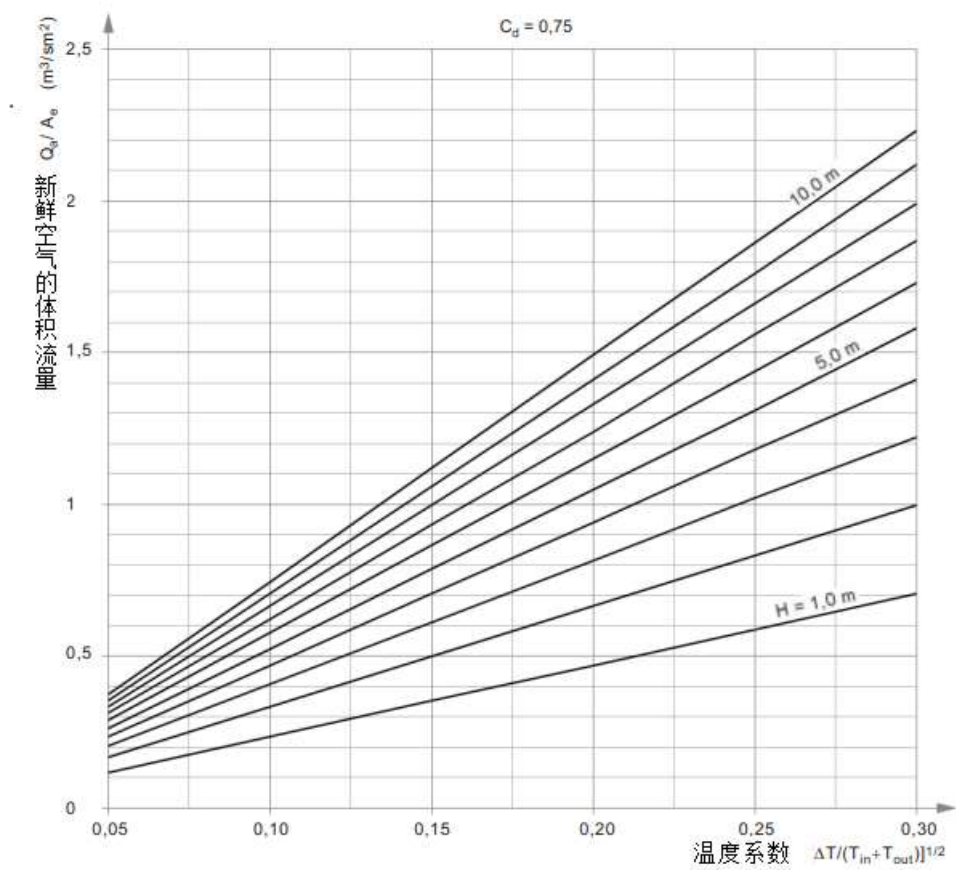


图6 - 每平方米等效有效开口面积的新鲜空气体积流量

图6中的图表基于等式(C. 4)。因此，C. 5. 2中描述的这些计算的使用限制也适用。

C. 5. 4 风和浮力诱导的自然通风的组合

风和浮力诱导通风可以分别发生，但可能同时发生。在几乎没有风的平静寒冷的日子里，由于热浮力产生的压差通常是主要的驱动力，而在有风的炎热的日子里，风产生的压差可能是主要的驱动力。根据入口和出口(浮力诱导通风)相对于风向的位置，它们的力可以相互抵消或互补(见图C. 7)。

基于概率的评定必须考虑气候、特定位置的风玫瑰图和可能的室内温度。

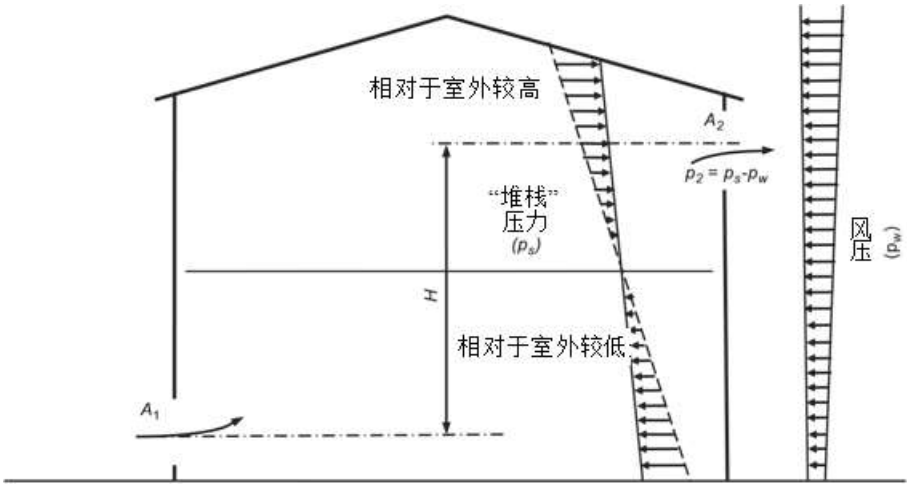


图. 7 - 反向通风驱动示例

由压差、风或温差引起的通风流量也可以计算出来。对于设计用于通风的较大开口，利用风的压差和平均温度引起的空气密度变化，可以得到流量：

$$Q_a = C_d A_e \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_a}} \left(\text{m}^3 / \text{s} \right)$$

$$A_e = \sqrt{\frac{2A_1^2 A_2^2}{A_1^2 + A_2^2}} \left(\text{m}^2 \right)$$

(C.6) (C.7)

附 录 D

(资料性附录)

评定危险区域

D.1 总则

本附录中的指南规定了区域类型(D.2)和区域范围(D.3)的估计,以关联相关因素,包括:

- 释放等级(附录B),
- 通风有效性及稀释等级(附录C), 和
- 通风情况(附录C)。

D.2 评定区域类型

表D.1可用于估计室内区域和开放区域的区域类型。

表 D.1-释放等级和通风有效性分区

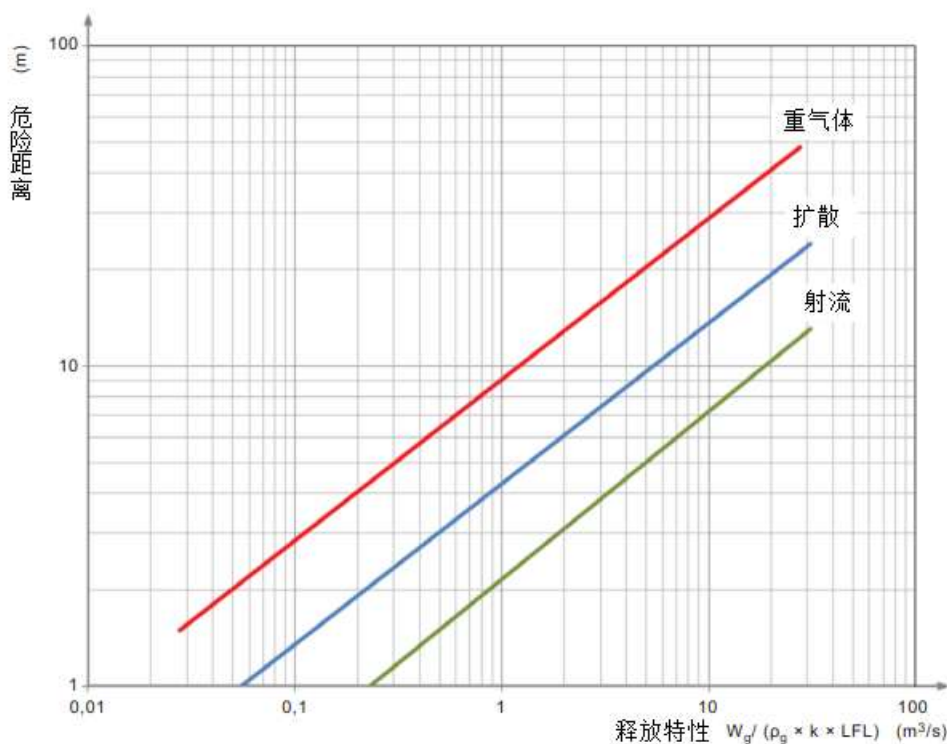
	通 风						
释放等级	等 级						
	高			中		低	
	有 效 性						
连续级	良好	一般	差	良好	一般	差	良好、一般 或差
连续级	(0区 NE) 非危险 ^a	(0区 NE) 2区 ^a	(0区 NE) 1区 ^a	0区	0区+2区	0区+1区	0区
1级	(1区 NE) 非危险 ^a	(1区 NE) 2区 ^a	(1区 NE) 2区 ^a	1区	1区+2区	1区+2区	1区或0区 ^c
2级 ^b	(2区 NE) 非危险 ^a	(2区 NE) 非危险 ^a	2区	2区	2区	2区	1区至0区 ^c
^a 0区NE、1区NE或2区NE表示在正常条件下，其范围可忽略不计的理论上的区域。 ^b 由2级释放形成的2区 也会超过由1级或连续级释放形成的区域，在这种情况下，应取较远距离。 ^c 若通风很弱，并且释放形成的爆炸性气体环境实际上还连续存在(亦即接近“无通风”条件)，则为0区							
“+”表示被……包围。 封闭空间中自然通风的通风有效性永远不会认为是良好。							

D.3 评定危险区域的范围

可燃气体可能出现的危险区或区域的范围取决于释放速率和其他几个因素,如气体特性、释放几何形状和周围几何形状。图D.1可用作确定各种释放形式的危险区域范围的指南。也可以应用基于可靠来源的其他形式的计算或评定,例如计算流体动力学。

应根据释放类型选择合适的行,如下所示:

- a) 高速无阻碍喷射释放;
- b) 低速扩散射流释放或由于释放的几何形状或对附近表面的冲击而失去动量的射流;
- c) 沿着水平面(例如地面)扩散的重气体或蒸气。



图D.1 - 危险区域距离估算图

$$\frac{W_g}{\rho_g k LFL}$$

释放特征 (m³/s)

$$\rho_g = \frac{p_a M}{R T_a}$$

气体/蒸气的密度 (kg/m³)

 k LFL 的安全系数，一般在0.5和1.0之间。

如果建议使用可忽略范围的区域，则该图表不适用。

这些曲线基于零背景浓度，不适用于室内低稀释情况。

注：该图表是基于连续性方程和选定的计算流体动力学(CFD)模拟开发的，假设扩散距离与X轴的平方根成比例，结果已根据本标准进行了调整。

图D.1没有确定不同的区域，应根据释放源周围的通风情况(见附录C)和释放条件的可能变化来评定不同的区域。

附录E的例子说明了图D.1中图表的使用方法(见图E.2、图E.5、图E.7、图E.10和图E.13)。

附录 E

(资料性附录)

危险场所分类示例

E.1 总则

区域分类的实践包括可燃气体和液体从安全壳中释放时的行为知识,以及基于特定条件下工厂设备项目性能经验的合理工程判断。因此,举例说明工厂和工艺特性的每一种可能的变化是不可行的。

这些示例并不打算在实践中应用,只是为了说明本标准中提供的可选评定方法。

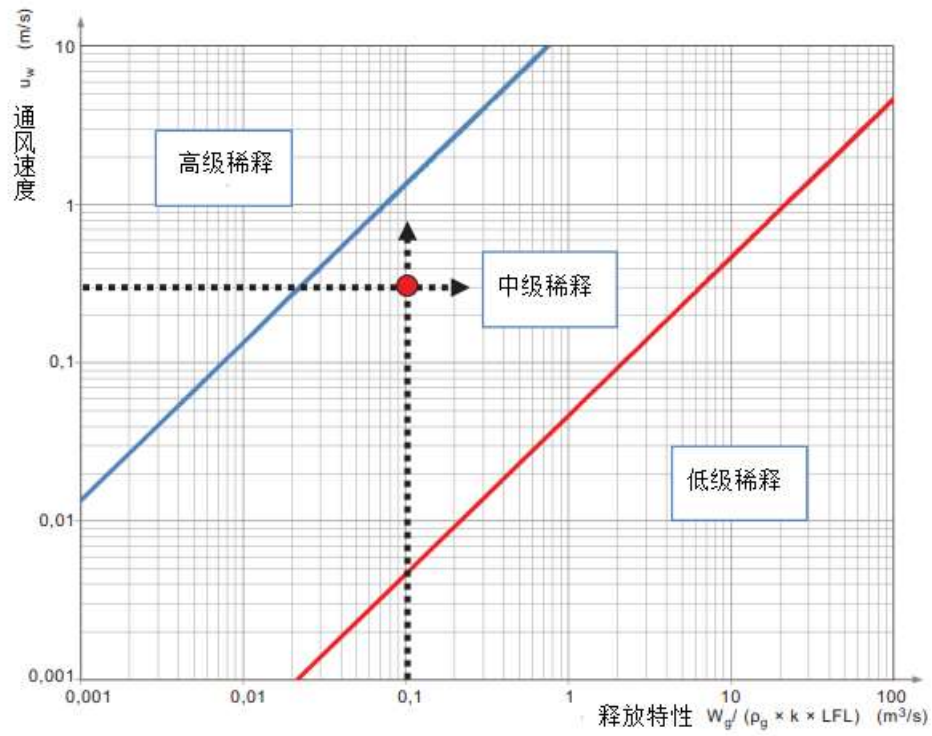
E.2 示例

例1

一种普通的工业泵,带有机机械(隔膜)密封,安装在地面,位于室外,泵送可燃液体。

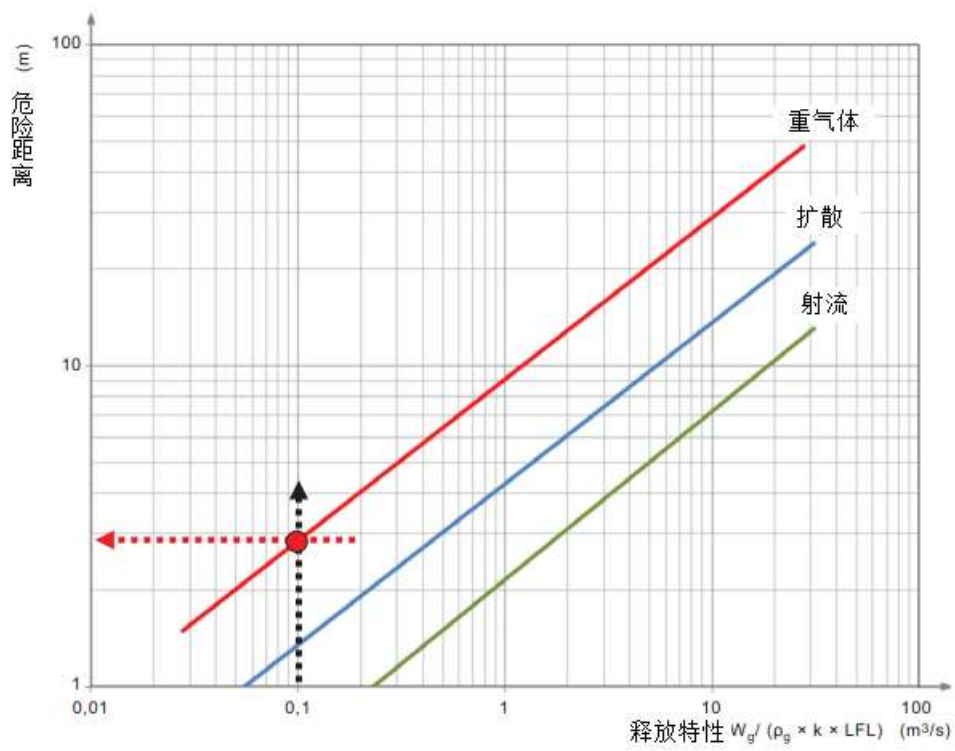
释放特性

可燃性物质	苯(CAS no. 71-43-2)
摩尔质量	78.11 (kg/kmol)
可燃燃烧下限, LFL	1.2%vol.(0.012 vol./vol.)
自燃温度, AIT	498°C
气体密度, ρ_g	3,25 kg/m ³ (在环境条件下计算) 气体密度曲线应适用图D.1。
释放源, SR	机械密封
释放等级	二级 (密封破裂引起的泄漏)
液体释放速率, W	0.19 kg/s考虑流量系数确定 $C_d=0.75$, 通孔 $S=5\text{ mm}^2$,液体密度 $\rho=876.5\text{ kg/m}^3$, 压差 $\Delta P=15\text{ bar}$
液体释放速率, W_g	$3.85 \times 10^{-3}\text{ kg/s}$, 定义考虑从释放点汽化的液体的比例(W 的2%)剩余液体排放到下水道系统。
通风特性, $W_g/(\rho_g \times k \times LFL)$	0.1 m ³ /s
安全系数, k	1.0
释放速率 $(dG/dt)_{\max}$	$2.8 \times 10^{-10}\text{ kg/s}$
分布特征:	
户外场所	无障碍区域
环境压力, ρ_a	101 325 Pa
环境温度, T	20°C(293K)
通风风速, u_w	0.3 m/s
通风有效性	良好 (气象平静时的风速)
释放影响:	
稀释程度 (见图E.1)	中
区域类型	2区
设备类型及温度组别	II A T1



图

E. 1 - 稀释等级 (例1)

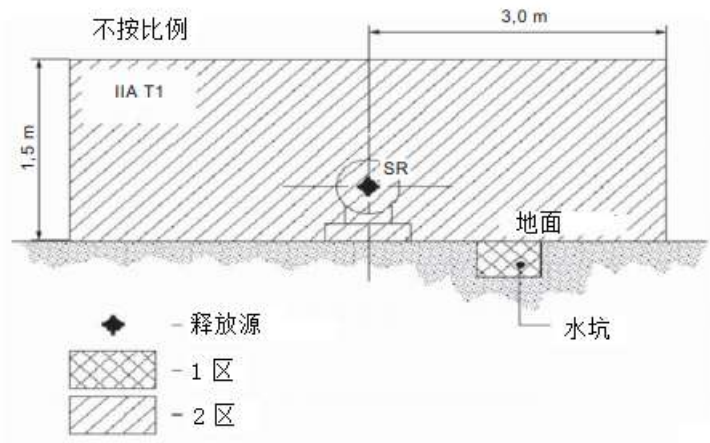


图E. 2 - 危险距离 (例1)

危险区域划分:

图E. 3显示了该设施的前视图。本图根据比空气中的蒸气重;垂直距离小于水平

距离，如图A. 5所示。



图E. 3 - 区域分类(例1)

例2

一种普通的工业泵，带有机机械(隔膜)密封，安装在地面，位于室内，泵送可燃液体。

释放特性

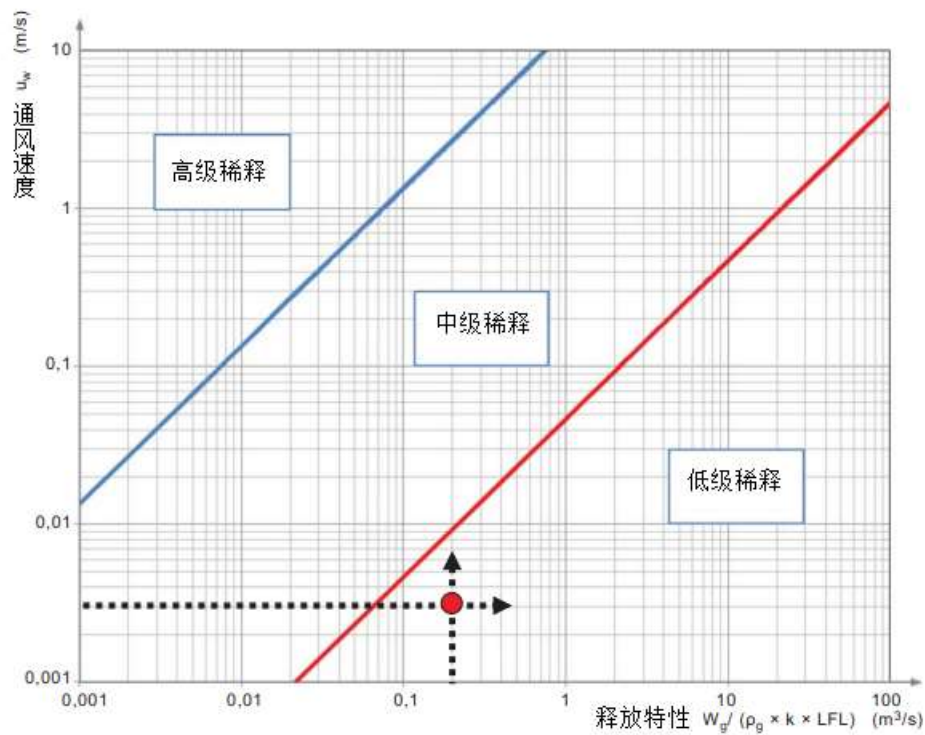
可燃性物质	苯基液体产品
摩尔质量	78.11 (kg/kmol)
可燃燃烧下限, LFL	1.2%vol.(0.012 vol./vol.)
自燃温度, AIT	498℃
气体密度, ρ_g	3,25 kg/m ³ (在环境条件下计算) 气体密度曲线应适用图D.1。

释放源, SR	机械密封
释放等级	二级 (密封破裂引起的泄漏)
液体释放速率, W	0.19 kg/s考虑流量系数确定 $C_d=0.75$, 通孔 $S=5\text{ mm}^2$,液体密度 $\rho=876.5\text{ kg/m}^3$, 压差 $\Delta P=15\text{ bar}$
蒸发率, W_e	$3.85 \times 10^{-3}\text{ kg/s}$, 定义考虑从释放点汽化的液体的比例 (W 的2 %)剩余液体排放到下水道系统。

注：信息取自工业法典。

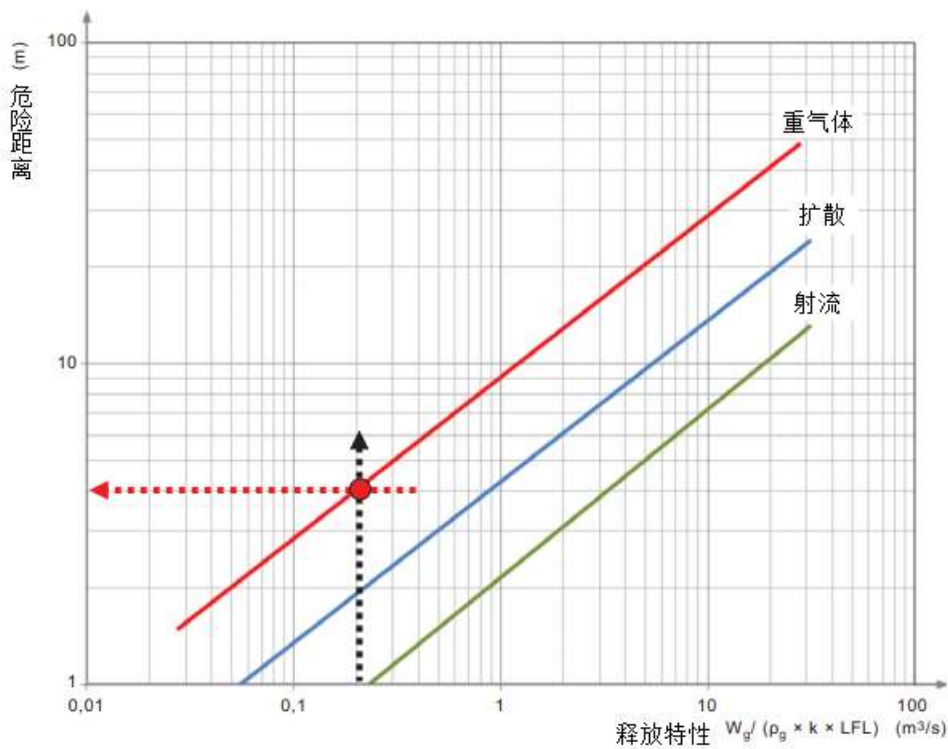
气体体积释放速率, Q_g	$1.19 \times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$
通风特性, $W_g/(\rho_g \times k \times LFL)$	$0.2\text{ m}^3/\text{s}$
安全系数, k	0.5 (由于与 LFL 相关的高不确定性)
分布特征:	
室内场所	建筑物自然通风(风)
环境压力, ρ_a	101 325 Pa
环境温度, T	20℃(293K)
外壳尺寸, $L \times B \times H = V_0$	$6.0\text{ m} \times 5.0\text{ m} \times 5.0\text{ m} = 1500\text{ m}^3$
空气流速, Q_a	$306\text{ m}^3/\text{h}$ ($0.085\text{ m}^3/\text{s}$)
通风有效性	良好,考虑最恶劣环境条件 (气象平静时的风速)
通风风速, u_w	0.003 m/s, 按 $Q_a/(L \times H)$ 估计
临界浓度, X_{crit}	0.003vol./vol.,等于 ($0.25 \times LFL$)
释放影响:	
通风效率系数, f	5

背景浓度, X_b	0.07 vol./vol.
浓度比较	$X_b > X_{crit}$
达到 X_{crit} 所需时间, t_d	7.67h (安全裕度等于 f)
稀释程度 (见图E.4)	低 (由于 $X_b > X_{crit}$)
区域类型	1区
设备类型及温度组别	II A T1



图E.4 - 稀释等级(例2)

在这种情况下, 没有必要使用图表来估计稀释等级, 因为封闭空间中的背景浓度高于临界浓度($X_b > X_{crit}$)。所以稀释等级无论如何都为低。图E.4只是证实了这一评定。



图E. 5 – 危险距离 (例2)

区域范围 (见图E. 5), $r = 4.0\text{m}$ (约)

危险场所分类:

考虑到浓度的比较和释放停止后达到背景浓度所需的时间, 由此产生的危险区域将包括室内的体积。开口 (如果有) 应被视为潜在的释放源。

如果要提高空气流速, 那么稀释等级可以是“中等”, 区域范围可以更小, 可以是2区而非1区。

例3

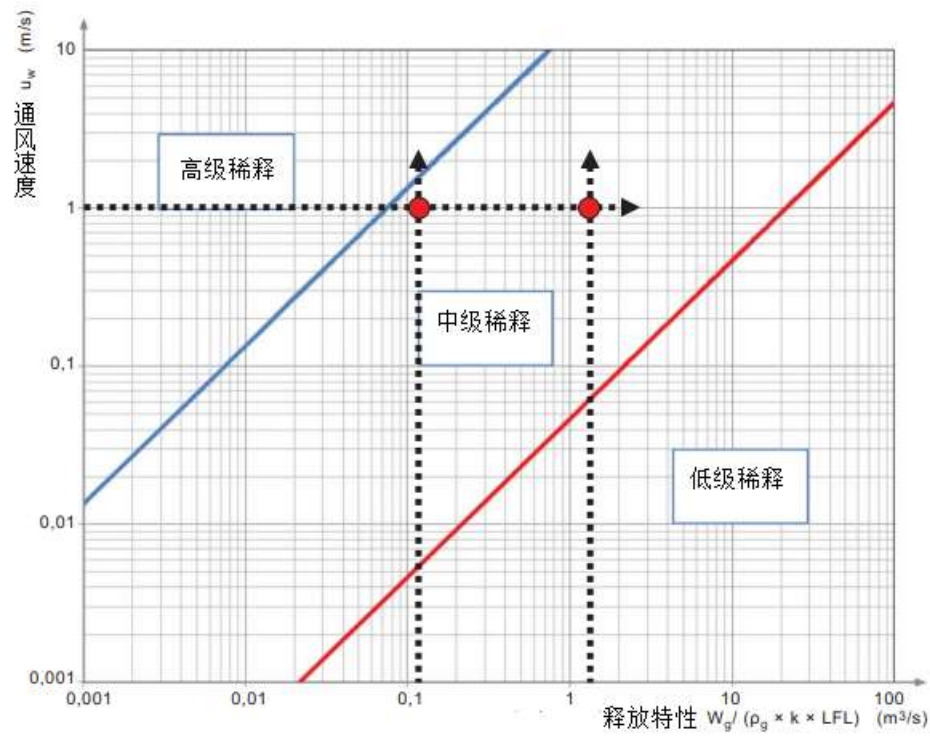
露天呼吸阀和工艺容器中的蒸气。

释放特性

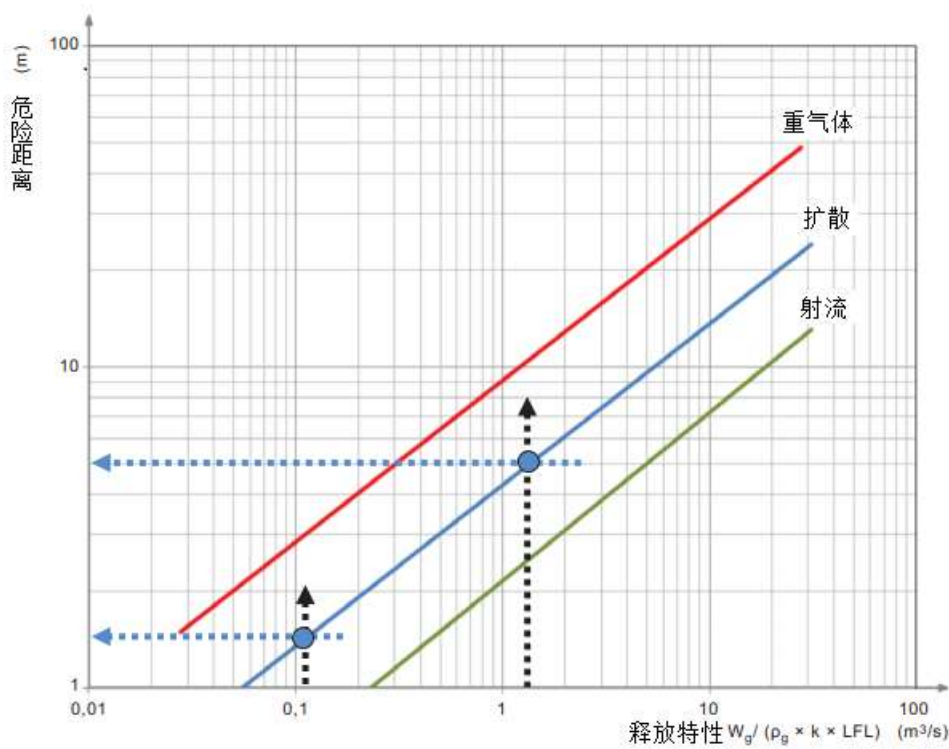
可燃性物质	苯(CAS no. 71-43-2)
摩尔质量	78.11 (kg/kmol)
可燃燃烧下限, LFL	1.2%vol.(0.012 vol./vol.)
自燃温度, AIT	498℃
气体密度, ρ_g	3,25 kg/m ³ (在环境条件下计算) 气体密度曲线应适用图D.1。

释放源, SR	通气阀
释放等级	一级 (工艺容器灌装)
释放速率, W_g	$4.50 \times 10^{-3}\text{kg/s}$ (制造商数据)
通风特性, $W_g / (\rho_g \times k \times LFL)$	$0.12\text{ m}^3/\text{s}$ ($k=1.0$)
释放等级	二级 (密封装置破裂)
释放速率, W_g	$4.95 \times 10^{-2}\text{kg/s}$ (制造商数据)
通风特性, $W_g / (\rho_g \times k \times LFL)$	$1.27\text{ m}^3/\text{s}$ ($k=1.0$)

分布特征:	
户外场所	无障碍区域
环境压力, ρ_a	101 325 Pa
环境温度, T	20°C (293K)
通风风速, u_w	1.0 m/s
通风有效性	良好 (平静时的风速)
释放影响:	
稀释程度 (见图E.6)	中
区域类型	1区+2区
设备类型及温度组别	II A T1



图E. 6 - 稀释等级(例3)

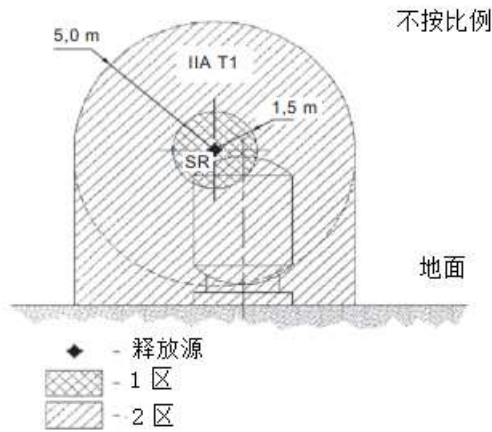


图E. 7 - 危险距离(例3)

区域范围，r一级释放 =1.5m； 二级释放= 5.0m

危险场所分类：

考虑到相关参数，下列危险区域是所考虑的呼吸阀的特定危险区域(见图E. 7)。



图E. 8 - 区域分类(例3)

例4

控制阀安装在拥挤封闭的输送可燃气体的工艺管道系统中。

释放特性

可燃性物质

摩尔质量

可燃燃烧下限，*LFL*

自燃温度，*AIT*

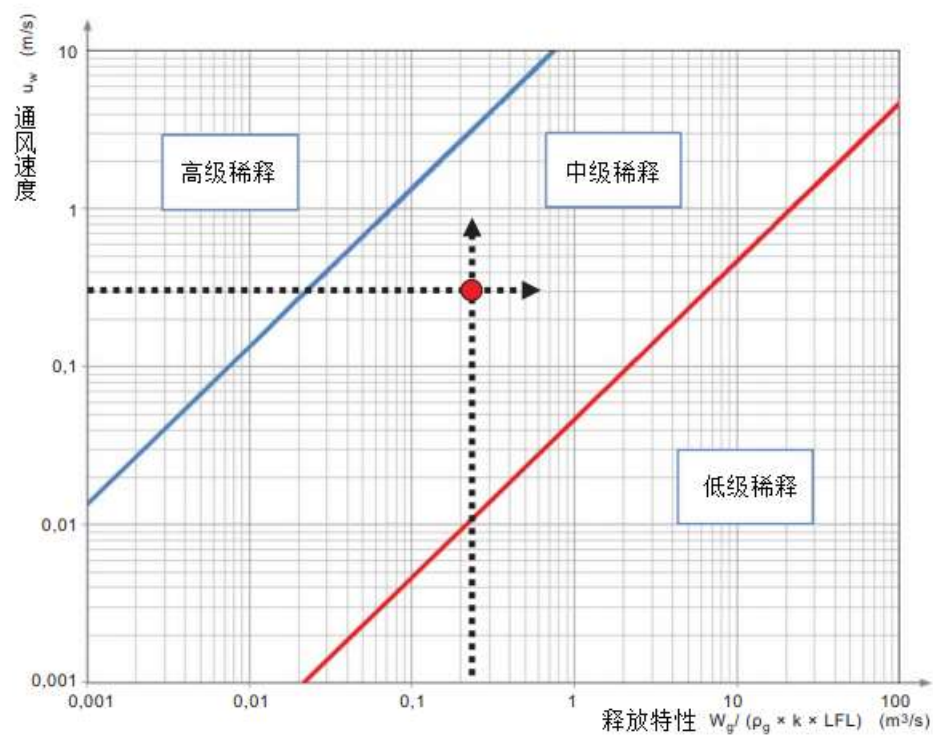
丙烷基混合气体

44.1kg/kmol

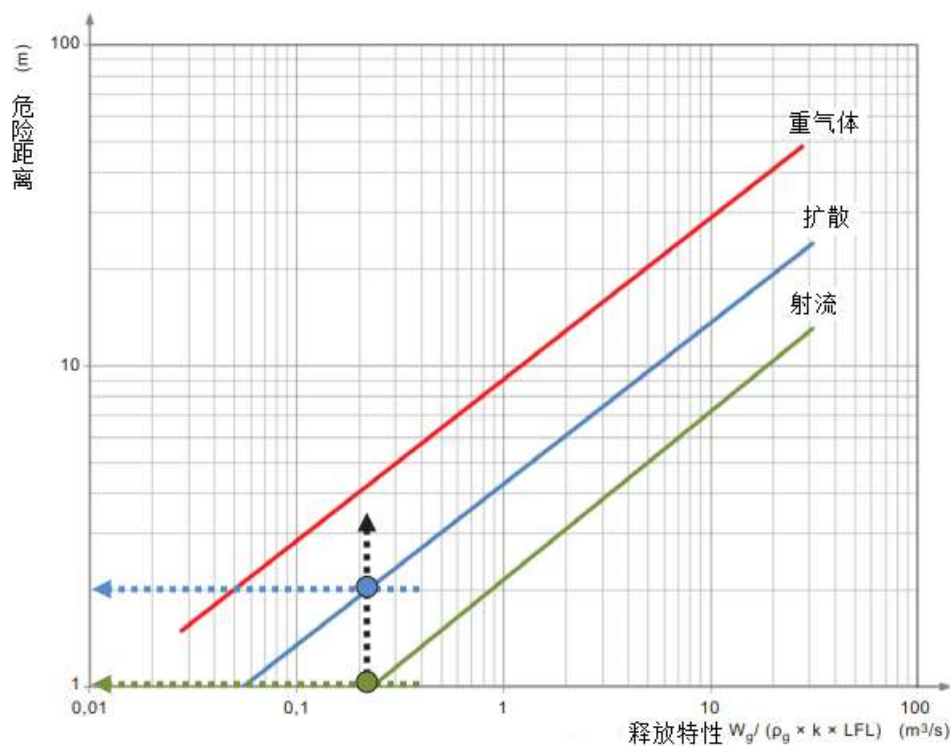
1.7%vol.(0.017 vol./vol.)

450℃

气体密度, ρ_g	1.83kg/m ³ (在环境条件下计算) 气体密度曲线应适用图D.1。
释放源, SR	阀杆密封包装
释放等级	二级 (包装破裂)
释放速率, W_g	5.57×10 ⁻³ kg/s,考虑操作压力 $P=15$ bar, 温度 $T=15^{\circ}\text{C}$, 通孔 $S=5\text{mm}^2$,压缩系数 $Z=1$, 多变指数 $r=1.1$, 流量系数 $C_d=0.75$
安全系数, k	0.8 (由于 LFL 的不确定性)
释放特性, $W_g/(\rho_g\times k\times LFL)$	0.22 m ³ /s
分布特征:	
户外场所	无障碍区域
环境压力, ρ_a	101 325 Pa
环境温度, T	20 $^{\circ}\text{C}$ (293K)
通风风速, u_w	0.3 m/s
通风有效性	良好 (平静时的风速)
释放影响:	
稀释程度 (见图E.1)	中
区域类型	2区
设备类型及温度组别	II A T1



图E. 9 – 稀释等级 (例4)

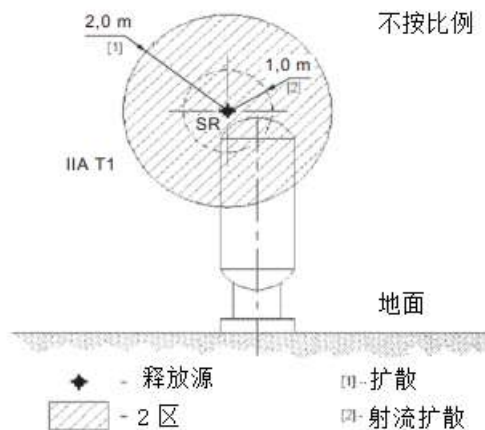


图E.10 - 危险距离(例4)

区域范围 (见图E.10), r 由于周边特性(即射流释放受阻或不受阻), 区域范围从1.0 m 到 2.0 m。

危险场所分类:

考虑到相关参数, 下列危险区域是所考虑的控制阀的具体区域。



图E.11 - 区域分类(例4)

例5

密闭工艺管道系统, 位于室内, 输送可燃气体。

释放特性

可燃性物质

湿式, 油井天然气

摩尔质量

20 kg/kmol

可燃燃烧下限, LFL

4 %vol.(0.04 vol./vol.)

自燃温度, AIT

500°C

气体密度, ρ_g 0.83kg/m³ (在环境条件下计算) 气体密度曲线应适用图D.1。

多个释放源, *MSR*

a) 释放等级

连续级 (散性排放)

类型

管件(非连续性沿管道)

单位释放速率, W_g

1×10^{-9} kg/s (实验室数据)

单位体积释放速率, Q_g

1.2×10^{-8} m³/s

释放数量

10

b) 释放等级

一级

类型

低速活动部件密封件(控制阀杆包装)

单位释放速率, W_g

1.5×10^{-6} kg/s (制造商数据)

单位体积释放速率, Q_g

1.8×10^{-8} m³/s

释放数量

3

c) 释放等级

二级

类型

固定件密封元件(带纤维垫片法兰)

单位释放速率, W_g

1.95×10^{-3} kg/s。考虑操作压力 $P=15$ bar, 温度 $T=15^\circ\text{C}$, 通孔 $S=2.5\text{mm}^2$, 压缩系数 $Z=1$, 多变指数 $r=1.1$, 流量系数 $C_d=0.75$

单位体积释放速率, Q_g

2.35×10^{-3} m³/s

释放数量

1, 最大

分布特征:

室内场所

建筑物自然通风(风)

环境压力, ρ_a

101 325 Pa

外壳尺寸, $L \times B \times H = V_0$

$2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m} \times 3.5\text{ m} = 21.9\text{ m}^3$

空气流速, Q_a

$266.4\text{ m}^3/\text{h}$ ($0.074\text{ m}^3/\text{s}$)

通风有效性

良好, 考虑最恶劣环境条件 (气象平静时的风速)

通风效率系数, f

3

通风风速, u_w

0.008 m/s, 按 $Q_a / (L \times H)$ 估计

临界浓度, X_{crit}

0.01 vol./vol., 等于 $(0.25 \times LFL)$

多个释放源影响:

释放等级

连续级 (散性排放)

释放速率的和 ΣW_g

$1.0 \times 10^{-8}\text{ kg/s}$

体积释放速率的和, ΣQ_g

$1.2 \times 10^{-8}\text{ m}^3/\text{s}$

背景浓度, X_b

$4.88 \times 10^{-7}\text{ vol./vol.}$

浓度比较

$X_b < X_{crit}$

释放特性, $W_g / (\rho_g \times k \times LFL)$

$6.01 \times 10^{-8}\text{ m}^3/\text{s}$

安全系数, k

0.5 (由于 LFL 的不确定性)

稀释程度

高

区域类型

NE 0区

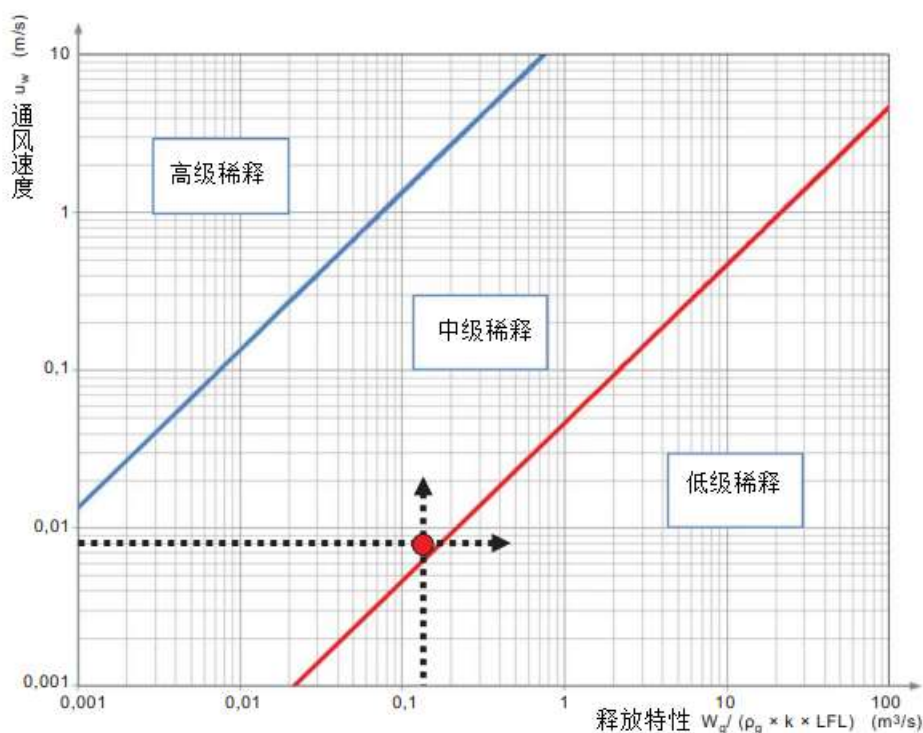
释放等级

一级+连续级

释放速率的和 ΣW_g

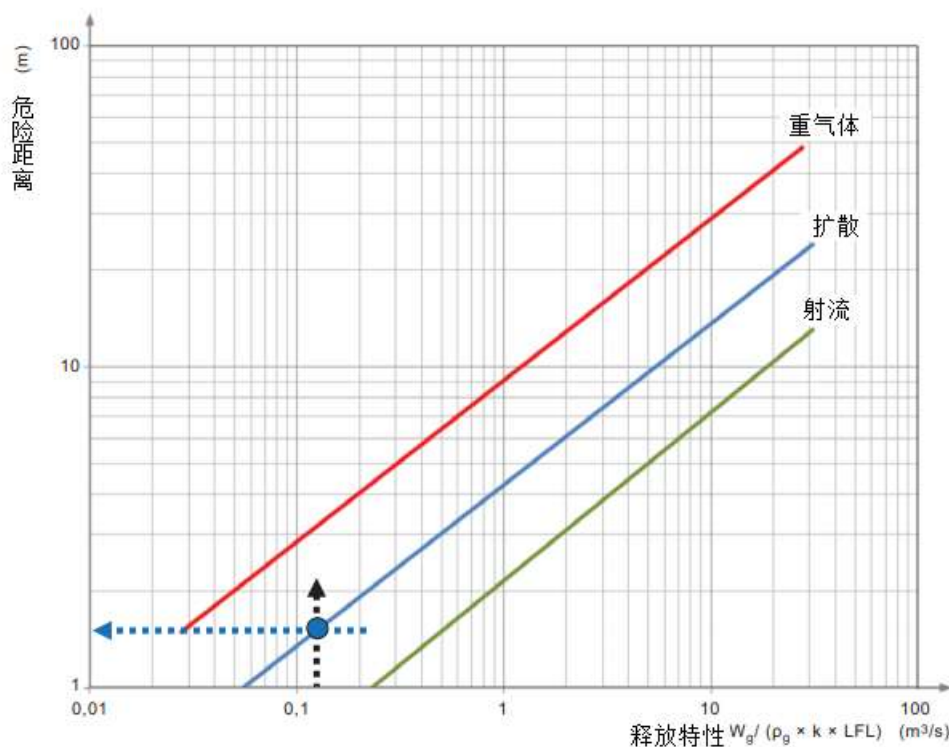
$4.5 \times 10^{-6}\text{ kg/s}$

体积释放速率的和, ΣQ_g	$5.42 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
背景浓度, X_b	$2.2 \times 10^{-4} \text{ vol./vol.}$
浓度比较	$X_b < X_{crit}$
释放特性, $W_g/(\rho_g \times k \times LFL)$	$9.02 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
安全系数, k	0.5 (由于 LFL 的不确定性)
稀释程度	高
区域类型	NE 1区
释放等级	一级+二级+连续级
释放速率的和 ΣW_g	$2.18 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$
体积释放速率的和, ΣQ_g	$2.63 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
背景浓度, X_b	0.103 vol./vol.
浓度比较	$X_b > X_{crit}$
达到 X_{crit} 所需时间, t_d	0.57h (安全裕度等于 f)
安全系数, k	0.5 (由于 LFL 的不确定性)
释放特性, $W_g/(\rho_g \times k \times LFL)$	0.13 m^3/s
稀释程度 (见图E.12)	低 (由于 $X_b > X_{crit}$)
区域类型	1区
设备类型及温度组别	II A T1



图E.12 - 稀释等级(例5)

在这种情况下, 由于封闭空间中的背景浓度高于临界浓度 ($X_b < X_{crit}$), 不需要使用图表来估计稀释等级。所以稀释等级为低。图E.4显示交点在稀释介质范围内, 但几乎在分界线上。考虑到方法中的不确定性, 这表明前面的评定是适当的。



图E.13 - 危险距离(例5)

区域范围(见图E.13), r 区域范围为 1.5 m, 这是由于周边特征(即射流释放受阻或不受阻)造成的。

危险场所分类:

由于背景浓度超过临界浓度, 释放停止后浓度降至临界浓度的时间显著, 因此产生的危险区将包含整个室内的体积。

E.3 区域分类案例研究

以下示例旨在说明区域分类的方法和显示区域的方式。区域详细信息可能会有所不同, 具体取决于具体的安装详细信息或相关业务守则的应用。之所以举这个例子, 是因为它包含了在实践中经常遇到的各种形式的释放, 单独地或在各种组合中或在不同的上下文中。这就是为什么本例中的压缩机设施应该被视为标准中所述方法的框架。

例子是处理天然气的压缩机设施(见图E.14)。压缩机单元是撬装组件, 包括燃气发动机、压缩机、组合式空气冷却器、工艺管道、撬装洗涤器、脉动瓶和辅助设备。

本例中的燃气发动机和压缩机被认为安装在自然通风的遮蔽物内, 空气通过底部的百叶窗开口和遮蔽物的敞开前部进入, 并通过屋顶开口离开(见表E.1)。该设施的外部被认为是由带有冷却水和工艺气体热交换器的组合空气冷却器、管道、阀门(紧急关闭、阻塞和调节)、防滑洗涤器等组成。

本例中出现的可燃物质如表E.2所示:

- 1) 工艺气体(含 80 % 体积甲烷的天然气),
- 2) 工艺气体冷凝物收集在洗涤器中, 并自动排向收集容器(主要是较重的碳氢化合物, 其数量由每个压缩阶段的相应平衡状态决定),
- 3) 燃气发动机燃料和启动气体(干管道质量天然气, 最小 96 % 体积甲烷),
- 4) 工艺中使用的各种化学品, 如缓蚀剂、防冻添加剂。

本例中出现的释放源如表 E.2 所示:

- 1) 启动气体排放口(一个可预测的排放源, 提供一级排放; 发生在发动机的每次启动时),
- 2) 压缩机排放口(一个可预测的排放源, 提供一级排放; 发生在阻塞压缩机的每次减压时),
- 3) 燃气发动机切断阀排气口(一个相对可预测的排放源, 可提供一级排放(发生在发动机每次关闭时, 当进入的燃料气体被阻塞, 被截留的气体被排放到大气中时),
- 4) 减压阀排气口(一个不可预测的来源, 通常提供二级释放; 如果上游压力增加到设定点以上, 就会发生这种情况; 通常, 停机安全装置安装在压缩机组的保护系统中, 以便在安全泄压阀打开之前跳闸, 因此, 通常不应将其视为主要释放等级的来源; 见 B.2.2 和 B.2.3),
- 5) 压缩机活塞杆填料排放口(通常提供一级排放的来源, 但是, 如果对监控、控制和维护质量有疑问, 该排放口可被视为提供连续排放等级的来源, 见 B.2.2 和 B.2.3)。
- 6) 气体发动机、压缩机和空气冷却器(释放二级气体的来源),
- 7) 工艺气体洗涤器和排放口(提供液相二级释放的来源)。
- 8) 遮蔽物内外的阀门(提供二级释放的来源)。
- 9) 管道连接(提供二级释放的来源)。

出于本说明的目的, 释放速率评定如下:

- 1) 对于启动气体, 按照制造商的气动启动器数据表所示输送的气体流速,
- 2) 对于排放口, 压缩气缸、洗涤器、脉动瓶和工艺管道中的压缩气体,
- 3) 对于燃气发动机切断阀排气口, 截留在燃料管线和气缸中的气体,
- 4) 对于安全泄压阀排气口, 制造商数据表中针对相应压力设定点提供的气体流速, 或根据 B.7.1.2.1 或 B.7.1.2.2 计算的气体流速, 或其他估计值。
- 5) 对于所有其他释放源, 根据 B.7.1.2.1 或 B.7.1.2.2 计算的气体流速, 或以其他方式估算的气体流速

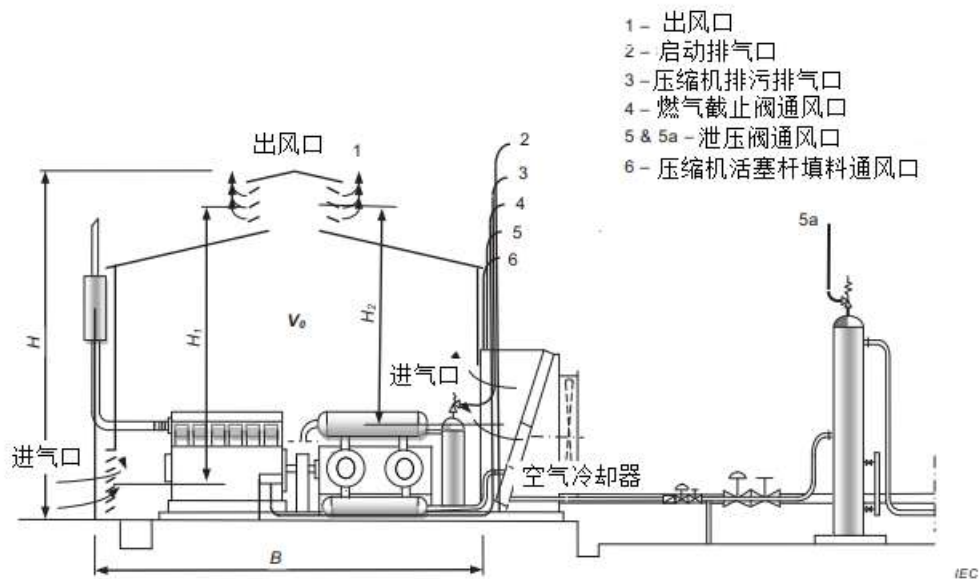


图 E.14 - 处理天然气的封闭式压缩机

表 E. 1-处理天然气的压缩机设施

遮蔽物的分类程序考虑		
01	涉及哪些可燃物质？	工艺气体、压缩机组级间洗涤器中收集的冷凝气体、发动机燃料和起动气体。
02	这些物质的成分已知吗？	已知工艺、燃料和起始气体，但不知道工艺气体冷凝物。我们可以假设它是各种高级碳氢化合物的混合物，主要是戊烷和己烷与水的混合物。
03	我们能计算或合理假设可燃物质的可燃下限吗？	工艺气体: $LFL = 0.04$; 对于燃料和起始气体: $LFL = 0.05$; 冷凝液: $LFL = 0.013$ 到 0.08 ，取决于压缩阶段。
04	遮蔽物内的释放源是什么？	燃气发动机、压缩机、洗涤器和管道上的管道连接以及本地仪器连接
05	释放等级是多少？	释放等级都是次要的。假设在正常运行条件下，如果设施得到良好的监控和维护，室内不应有气体。
06	在给定条件下，最有代表性的释放源是什么？	往复式压缩机很少在气缸处泄漏。然而，它们是强劲机器，工艺管道暴露在动态和热应力下。因此，任何热管连接都可能是释放源。 另一个现实的释放源是压缩机的曲轴箱呼吸阀。当活塞杆填料磨损或损坏时，压缩气体可能会泄漏，进入曲轴箱，然后通过呼吸阀泄漏到周围区域。 还有其他释放源需要仔细检查。有些可能不明显，可能会隐藏相当一段时间，从而引起对分数的怀疑。
07	由于给出二级释放的源没有汇总，应该为此选择哪一个？	释放速率较高的，例如在压力较大的第二压缩阶段，释放孔为 $2,5 \text{ mm}^2$ (见表 B.1)。 $M = 21,6 \text{ kg/kmol}$; $r = 1.2$; $p = 51 \text{ barA}$; $T = 422 \text{ K}$ (最大允许工作温度)。
08	如果我们确定吹塑垫片处的泄漏量更大，那么泄漏率会是多少？	由于操作压力指示音速释放，结果应为: $W_g = 1.54 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$; C_d 为 0.75 ， S 为 $2,5 \text{ mm}^2$ (见等式 B.4) $Q_g = 1.85 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
09	在全年的所有环境条件下，遮蔽物的自然通风是可能的吗？	是的，即使在炎热的夏天，浮力诱导的自然通风也是可能的，因为发动机和压缩机散发的热量会不断地保持室内温度高于环境温度。遮蔽物的构造也将使风无论吹向哪个方向都能增强通风。
10	这座建筑的几何特征是什么？	遮蔽物的长度: $L = 12 \text{ m}$ 遮蔽物的宽度: $B = 12 \text{ m}$ 遮蔽物的总高度: $H = 8.0 \text{ m}$ 相关总量: $V \approx 1\,000 \text{ m}^3$ 考虑的体积: $V \approx 0,80 = 800 \text{ m}^3$ 小于 V_0 的体积用作封闭设备的余量，这将减少有效体积。 进气口的总有效面积: $A_1 = 30 \text{ m}^2$ 出风口总有效面积: $A_2 = 24 \text{ m}^2$

		后入口和出口中点之间的垂直距离:$H_1 = 7.0\text{m}$ 前入口和出口中点之间的垂直距离:$H_2 = 5.4\text{m}$ 开口中点之间的平均垂直距离:$H_a = 6.2\text{m}$
11	下开口的等效有效面积是多少?	$A_e = 26.5 \text{ m}^2$ (见 C.5.2)
12	最不利条件下的温度是多少?	平均内部温度:$T_{in} = 316 \text{ K}$ 室外温度:$T_{out} = 313 \text{ K}$
13	新鲜空气的体积流量是多少?	$Q_a = 10.7 \text{ m}^3 / \text{s}$; C_d 为 0.75 (见方程 C.4)
遮蔽物的分类程序考虑		
14	在考虑的体积中每小时换气次数是多少?	$C = \frac{Q_a}{V_0} \approx 48 \text{ h}^{-1}$ 在本例中, 选择每小时 48 次换气是为了说明非常通风的条件, 并且可能不适用于实际情况。
15	通风速度是多少?	通风速度应根据气流模式计算, 这意味着遮蔽物的参考横截面是水平的: $u_w = \frac{Q_a}{L \times B} \approx 0.075 \text{ m/s}$
16	考虑的体积中的背景浓度是多少?	$X_b = \frac{f \times Q_g}{C V_0} \approx 0.18\% \approx 4.5\% \text{ LFL}$ (见方程式 C.1)
17	什么是释放特性?	$\frac{W_g}{\rho_g k \text{ LFL}} \approx 0.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ $k=1.0$ 由于气流模式指示空气向上运动, 没有理由用比 1.0 更严格的通风效率因数。
18	稀释度是多少?	参见图 C.1 中的图表, 找到 X 轴和 y 轴的交点。稀释显示为中等。
19	这个体积中的背景浓度是否高于 25 % LFL?	不, 是 LFL 的 4.5%。 考虑到答案, 稀释度可视为中等。
20	通风情况如何?	由于各种自然不确定性, 自然通风封闭空间的可用性永远不应被视为良好。所以我们必须认为可用性是一般。
21	遮蔽物内的区域类型是什么?	考虑到释放等级、稀释程度和通风有效性, 遮蔽物内部被划分为 2 区(见表 D.1)。
22	是否有任何可以被视为释放源的通路?	有, 屋顶通路。 这是 A 类通路。

23.	气体通过这个通孔的质量释放率是多少？	$W_g = u_2 A_2 \rho_g X_b = u_w L B \rho_g X_b$ $W_g = 1.54 \times 10^{-2} \text{ kg/s};$ 结果与符合质量守恒定律的方程(B.4)相同。
24.	稀释度是多少？	稀释度再次通过使用图 C.1 中的图表获得，除了通风速度 u_w 现在是风速。考虑到地面上方通孔的高度，我们假设 1.0m/s 是一个现实的近似值(见表 C.1)。 稀释度仍然显示为中等。
25.	通孔周围的危险区域是什么？	危险区域显然应为 2 区(见图 E.15)。
26.	通孔周围的危险距离是多少？	危险距离可以通过应用附录 D 中设定的方法进行估计(见图 D.1)。考虑到释放源的位置，不需要太保守，较低的曲线应是合乎逻辑的选择。图表中的危险距离似乎略高于 1.0m，因此该区域的范围为 1.5m(见图 E.15)。
27.	结论	遮蔽物下面的整个区域是 2 区。没有必要将该区域延伸到墙壁之外，除非在屋顶，空气和气体混合物可能由于浮力诱导的自然通风而逸出(见图 E.15 和图 E.16)。

类似的考虑也适用于本案例研究中引用的其他释放源。

表 E.2 危险场所分类数据表 第 1 部分：可燃性物质明细及其特性

工厂：压缩天然气处理设施(案例分析)														图E. 2, E. 2a
场所：														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	可燃性物质							挥发性 ^a		LFL		Ex特性		
	名称	成分	摩尔质量 (kg/kmol)	气体/空气相对密度	绝热膨胀的多变指数 γ	闪点℃	熔点℃	沸点℃	蒸气压力20℃ kPa	Vol. %	kg/m ³	类别	温度组别	其它相关数据资料和标识
1	工艺气体	80%vol CH ₄ 更高的碳氢化合物	21.6	0.8	1.2	—	> 400	—	—	4.0	0.036	IIA	T2	
2	工艺气体冷凝液	异戊烷和正戊烷，正己烷和庚烷	46	>0.3	—	<30	< 300	<50	未知	1.3到8.0	0.025到0.153	IIA	T3	值为估算
3	启动和燃气		16.8	0.6	1.3	—	> 500	—	—	5.0	0.035	IIA	T1	

^a 通常，给出了蒸气压力值，在无该值时可使用沸点。

表E.3 危险场所分类数据表 第2部分：释放源明细表

		工厂:														参考图: 布局	
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14		15	16
	释放源				可燃性物质					通风			危险场所				
	说明	位置	释放等级 ^a	释放速率 (kg/s)	释放特性 (m ³ /s)	参考 ^b	工作温度和压力		状态 ^c	类型 ^d	稀释等级 ^e	有效性 ^e	区域类型 0, 1, 2	区域范围 (m)		参考	任何其它相关数据资料 and 标识
							°C	kPa						垂直	水平		
1	空气通风口	屋顶	S	1.54 × 10 ⁻²	0.5	1	-	101.325	G	N	中	良好	2	1.5	1.5		
2	启动通风口	屋顶上	P	0.5	16	3	25	1000	G	N	中	良好	1	距排气口 9.0	距排气口 9.0		制造商数据
3	压缩机排污排气口	屋顶上	P	1.75	52	1	35	5000	G	N	中	良好	1	距排气口 8.0	距排气口 8.0		有限体积释放
4	燃气截止阀通风口	屋顶上	P	0.25	7.7	3	25	50	G	N	中	良好	1	距排气口 6.0	距排气口 6.0		有限体积释放
5	安全阀通风	屋顶上	S	1.8 × 10 ⁻²	0.54	1	149	2800	G	N	中	良好	2	距排气口 3.0	距排气口 3.0		非全流程操作

5a	安全 阀通 风	洗 涤 器	S	1.8×10^{-2}	0.54	1	50	5500	G	N	中	良好	2	距 排 气 口 3.0	距 排 气 口 3.0		非 全 流 程 操 作
6	活 塞 杆 填 料 通 风	屋 顶 上	P/C	1.0×10^{-2}	0.3	1	25	101.325	G	N	中	良好	0/1	距 排 气 口 1.5	距 排 气 口 1.5		
7	燃 气 发 动 机	遮 蔽 物 内	S	1.54×10^{-2}	0.5	3	25	50	G	N	中	良好	2	遮 蔽 物 内 部	遮 蔽 物 内 部		
7a	压 缩 机	遮 蔽 物 内	S	1.54×10^{-2}	0.5	1	149	200到 5000	G	N	中	良好	2	遮 蔽 物 内 部	遮 蔽 物 内 部		
7b	空 气 冷 却 器	遮 蔽 物 前	S	1.8×10^{-2}	0.54	1	50	2500到 5000	G	N	中	中	2	距 空 气 冷 却 器 3.0	距 空 气 冷 却 器 3.0		
8	工 艺 气 体 洗 涤 器	遮 蔽 物 内	S	0.93×10^{-2}	0.4	1	50	2500	L	N	中	中	2	遮 蔽 物 内 部	遮 蔽 物 内 部		
8a	工 艺 气 体 洗 涤 器	遮 蔽 物 外	S	0.93×10^{-2}	0.4	2	50	5000	L	N	中	中	2	距 洗 涤 器 3.0	距 洗 涤 器 3.0		
9	阀 门	遮 蔽 物 内	S	1.8×10^{-2}	0.54	1/2/3	50	2500到 5000	G/L	N	中	中	2	遮 蔽 物 内 部	遮 蔽 物 内 部		
9a	阀 门	遮 蔽 物 外	S	1.8×10^{-2}	0.54	1/2/3	50	2500到 5000	G/L	N	中	中	2	距 阀 门 3.0	距 阀 门 3.0		
10	管 道 的 连 接	遮 蔽 物 内	S	1.8×10^{-2}	0.54	1/2/3	50	2500到 5000	G/L	N	中	中	2	遮 蔽 物 内 部	遮 蔽 物 内 部		

10a	管道的连接	遮蔽物外	S	1.8×10^{-2}	0.54	1/2/3	50	2500到5000	G/L	N	中	中	2	距管接口 3.0	距管接口 3.0		
		^a C—连续；P—1级；S—2级。 ^b 引用第I部分表中的序号。 ^c G—气体；L—液体；LG—液化气体；S—固体。 ^d N—自然；A—人工。 ^e 见本部分附录C。 ^f 如果使用代码引用或计算引用，请注明															

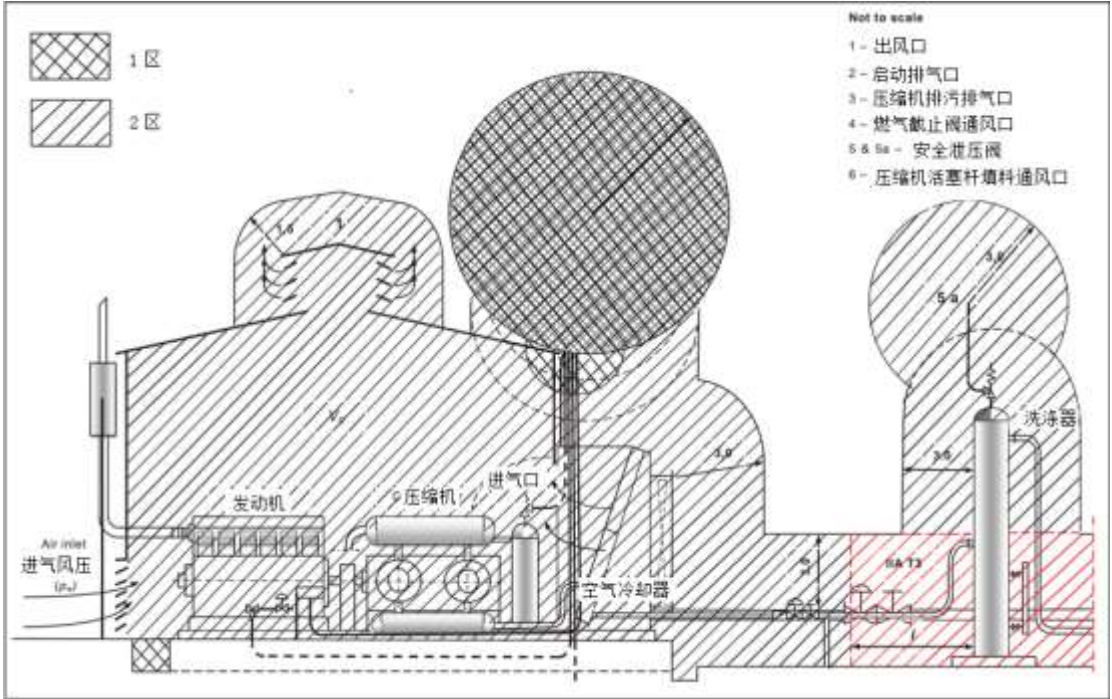


图 E. 15 - 处理天然气的压缩机设施面积分类示例(立面图)

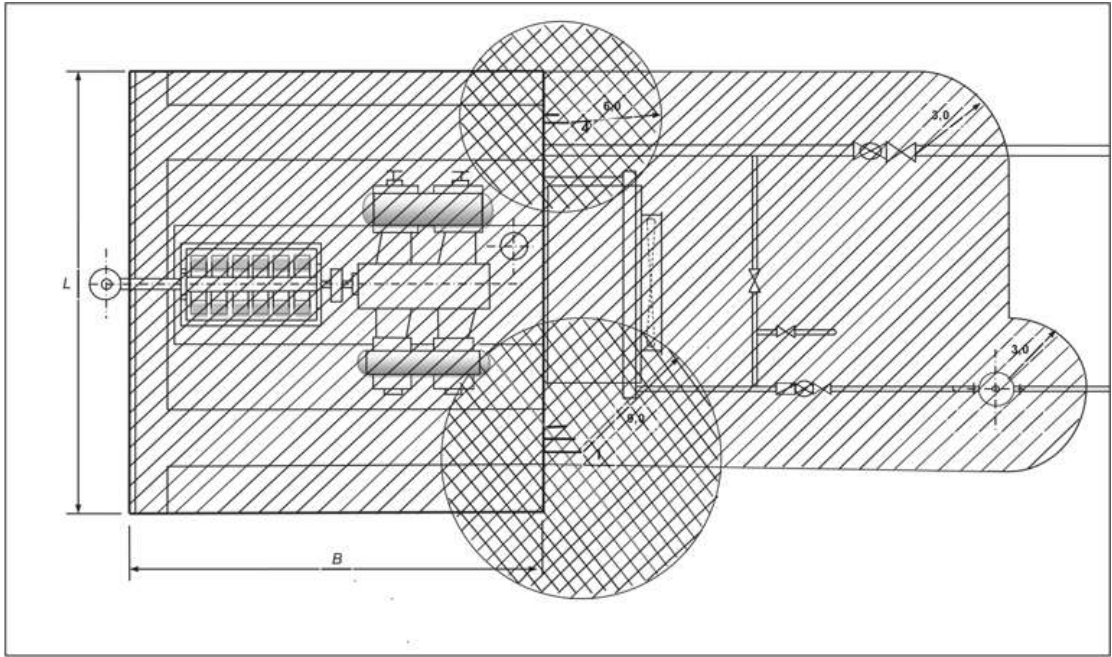
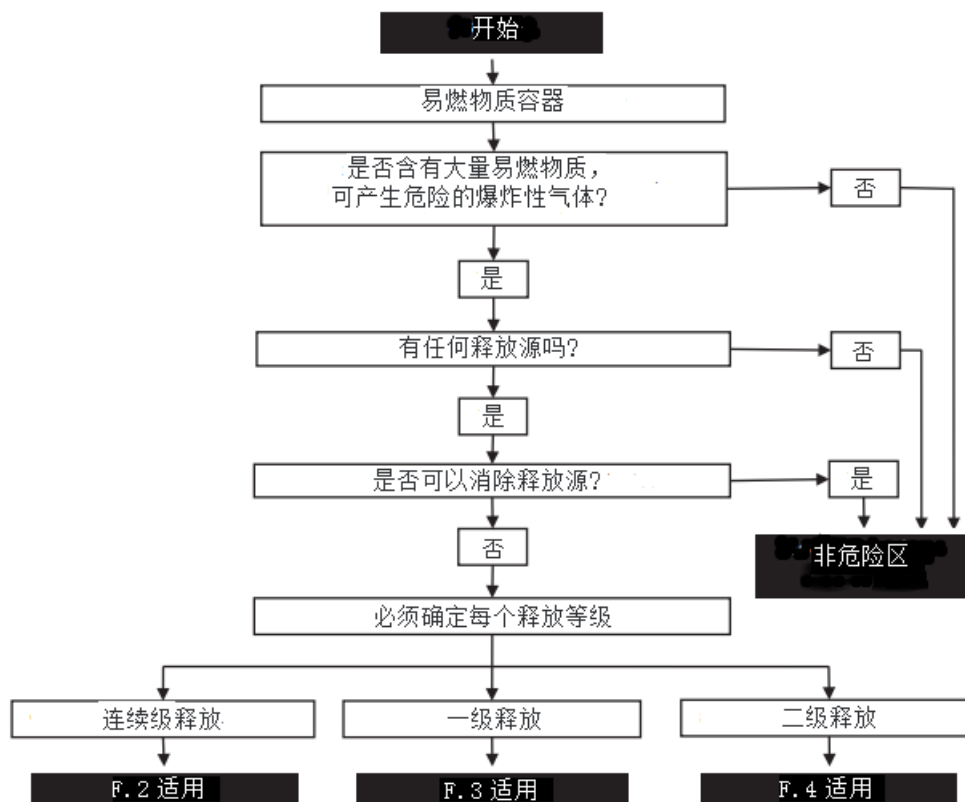


图 E. 16 - 处理天然气的压缩机设施的面积分类示例(平面图)

附录 F
(资料性附录)
危险场所分类示意图

F.1 危险场所分类示意图

图 F.1 显示了危险场所分类的示意图。

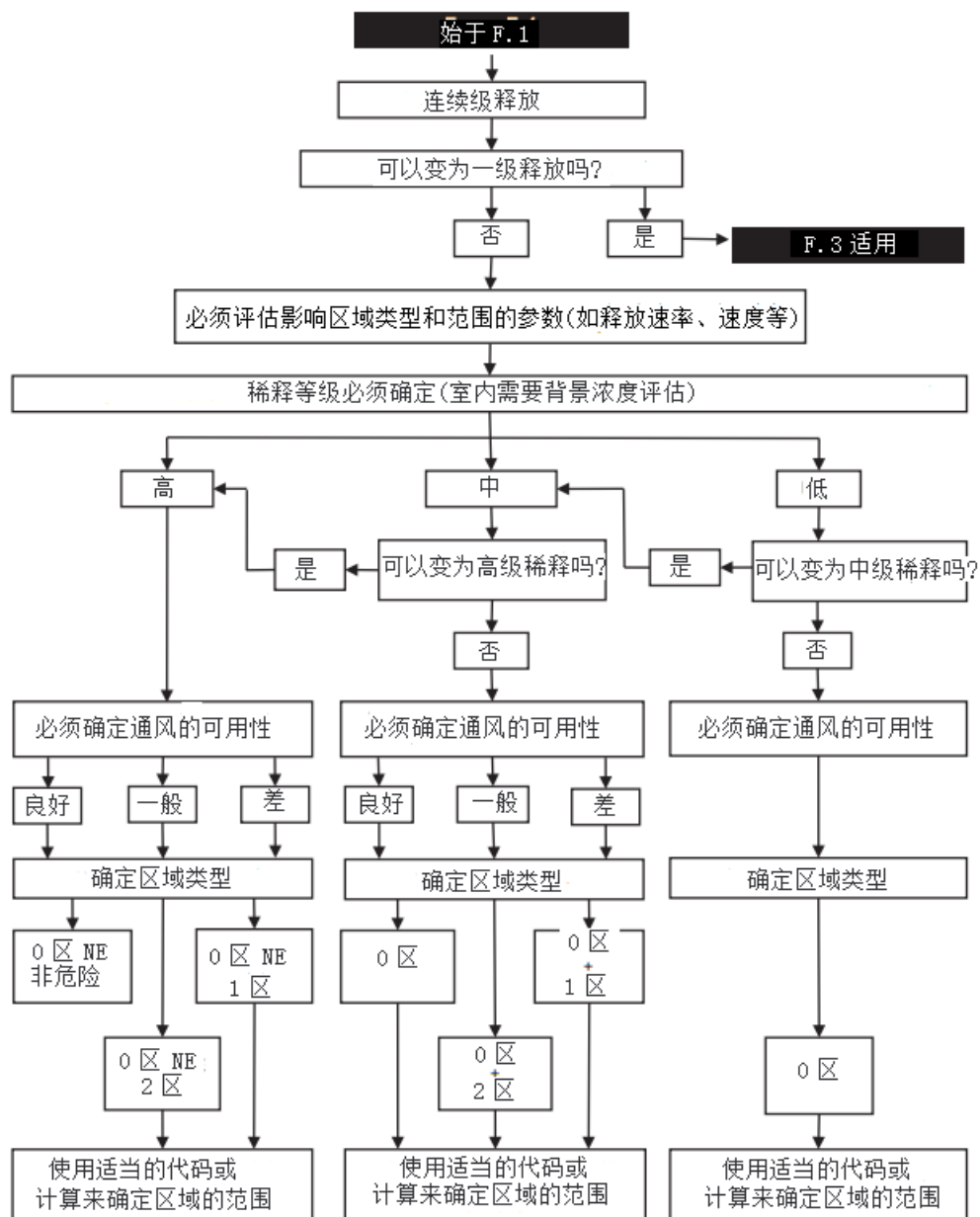


注:释放源可以产生一个以上释放等级或组合。

图 F.1 - 分类示意图

F.2 危险场所分类示意图

图 F.2 显示危险场所分类示意图

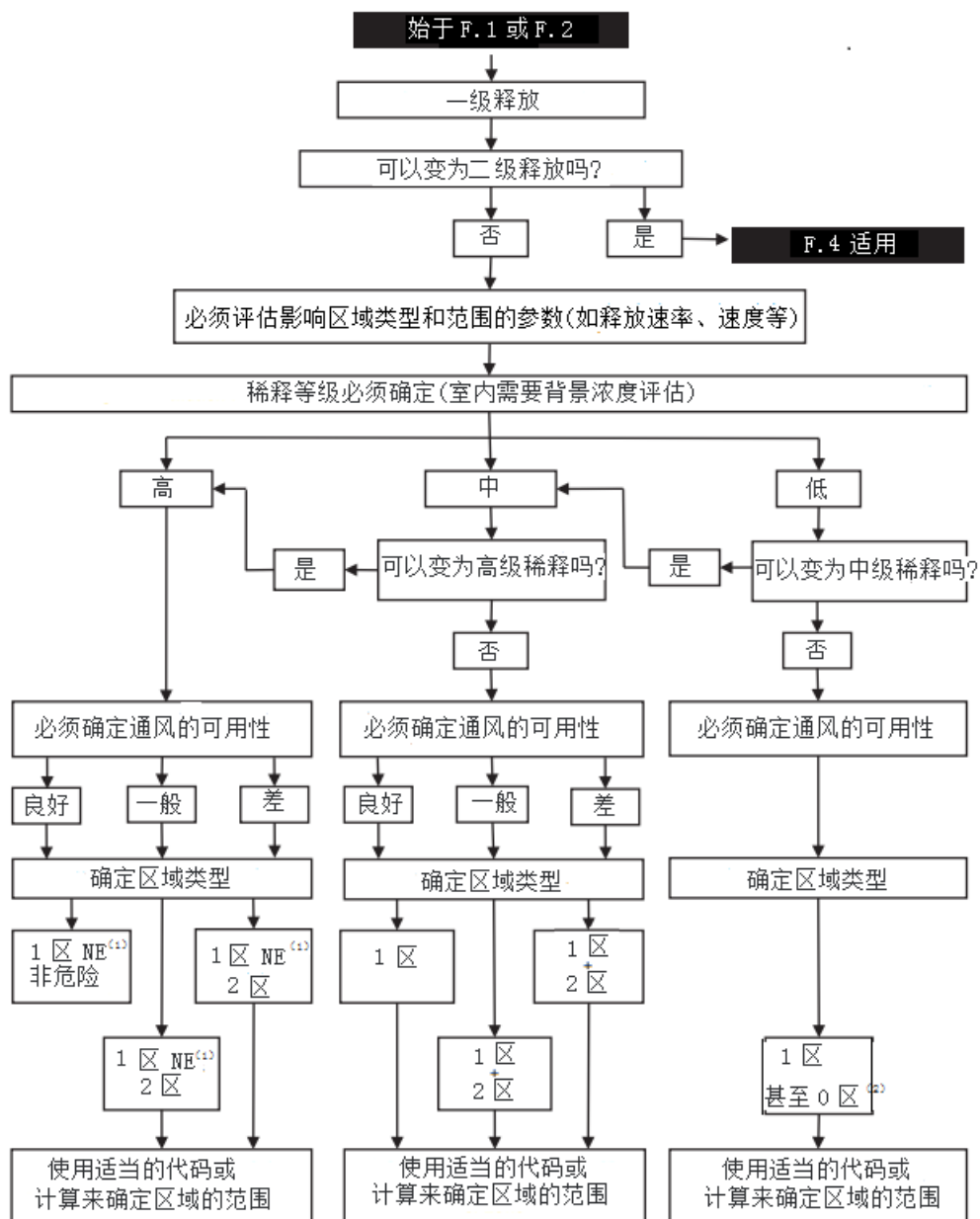


注:NE 区为理论区,在正常情况下可忽略不计。

图 F.2 - 连续级释放分类示意图

F.3 危险场所分类示意图

图 F.3 显示危险场所分类示意图



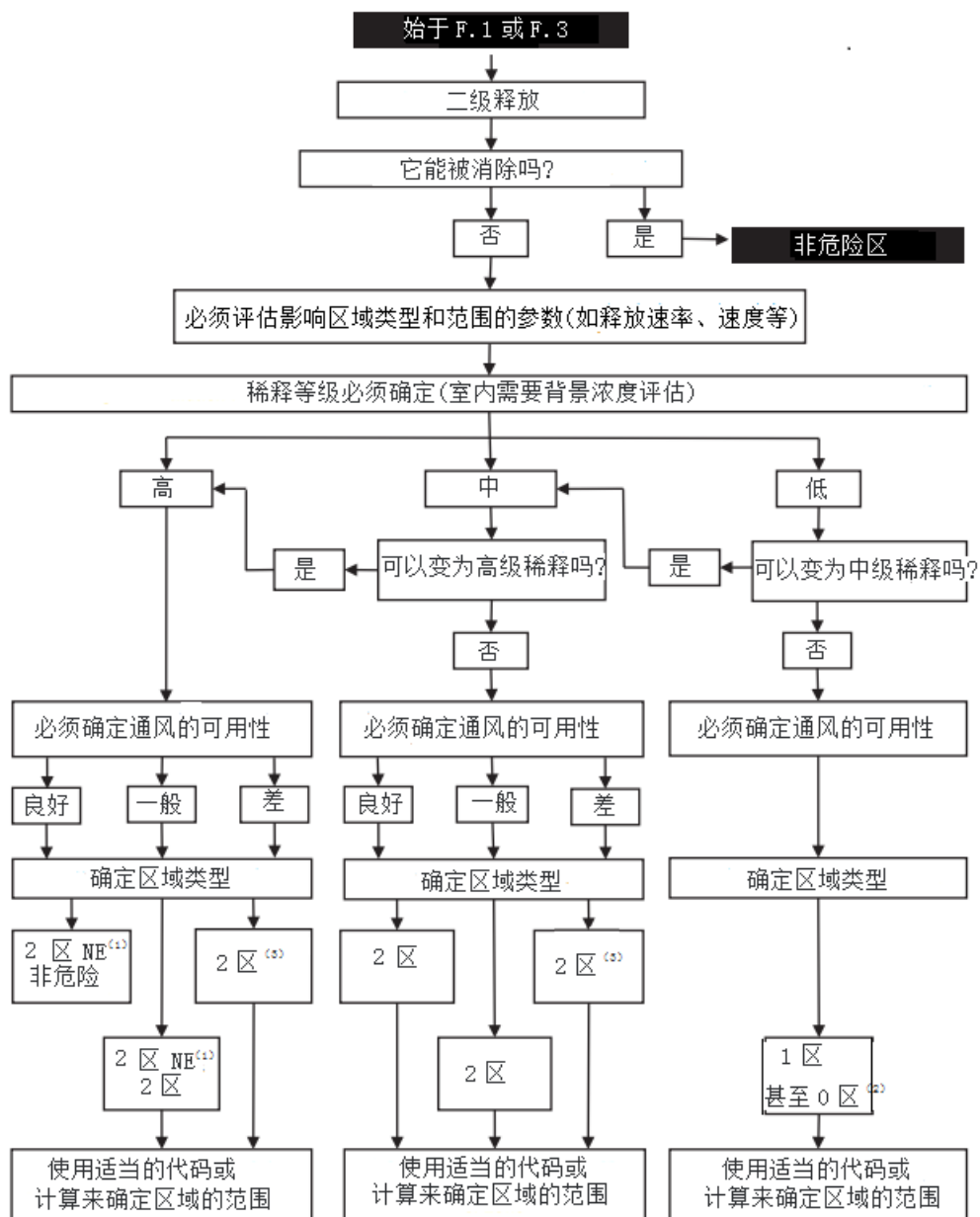
注 1:NE 区为理论区, 在正常情况下可忽略不计。

注 2: 若低稀释程度极低, 且释放量极大, 以致于现场中爆炸环境连续存在, 即接近“不通风”状态, 则为 0 区。

图 F.3 - 一级释放分类示意图

F.4 危险场所分类示意图

图 F.4 显示危险场所分类示意图



注 1:NE 区为理论区, 在正常情况下可忽略不计。

注 2: 若低稀释程度极低, 且释放量极大, 以致于现场中爆炸环境连续存在, 即接近“不通风”状态, 则为 0 区。

注 3: 二级释放所产生的区域 2 可以超过一级释放或连续释放所产生的区域 2

图 F.4 - 二级释放分类示意图

附 录 G
(资料性附录)
可燃性薄雾

G.1 在达到或高于其闪点情况下处理液体时,任何释放都将视为符合本部分规定的正常区域划分程序。如果在低于闪点时释放,在某些情况下,可能会形成可燃性薄雾云。尽管在加工温度条件下液体甚至可被认为是非危险的,但在某些情况下可能会形成引起爆炸危险的可燃性薄雾。就这一点来说,液体的例子通常包括高闪点液体燃料、热传导油和润滑油。

G.2 实际上,液体释放通常含有范围广泛的较大尺寸液滴,且易直接下沉,只有少部分以气雾的形式释放到空气中。薄雾的可燃性取决于在空气中的浓度(液滴加蒸气)、挥发性以及雾云中的液滴大小。液滴的尺寸取决于液体释放时的压力、液体特性(主要是浓度、表面张力和粘度)以及释放口的大小和形状。一般来说,压力越高,开口越小,释放液体的雾化程度越大,从而增加爆炸危险性。另一方面,较小的释放开口意味着较低的释放速率,从而降低危险。

G.3 已经证明,雾状液滴可能是薄雾云中最容易引燃的部分。但是,雾状液滴通常只是全部释放中的一小部分。如果释放喷射物喷射到附近区域的表面,那么这一小部分可能会增大。

注1:雾状液滴是悬浮在空气中的很小微粒(亚微米到50微米)。

注3:受释放条件的影响,液滴在气雾中可能会低到全部释放质量的1%。

注4:燃料液滴云通常难以引燃,除非有充足量的蒸气或非常小的液滴存在。

G.4 在正常操作和/或预期故障条件下,液体释放会产生可燃性薄雾的可能性宜与产生此类释放的可能性一起进行慎重评定。评定可能显示物料释放的或然率非常低,或薄雾云仅在罕见故障或灾难性事故条件下产生。评定宜使用类似装置的参考资料或运行经验作为支持,但是,由于薄雾的热力学复杂性以及影响薄雾形成和可燃性的因素很多,因此参考资料不是对每个给定的情况都适用。在这种情况下,宜根据使用的相关数据进行判断。

G.5 不是所有泄露都会形成薄雾,指出这一点很重要,例如,如果气体或蒸气通过破损的法兰衬垫或填料箱/填料函的泄露是最一般的2级释放,当它们是粘性液体时又常常被忽略不计,并且在多数情况下形成的是微滴而不是薄雾。这就意味着通过管道接合处、阀门等部位泄露产生薄雾的可能性不宜被夸大。宜考虑这些注意事项,如液体的物理特性、被处理时的条件、工艺设备的机械零件、设备质量和释放源附近的障碍物等。

注1:对于液体在其闪点以下的适当释放,在制造业中发生薄雾爆炸的例子很少。这可能是由于在偶然释放时难以产生足够的小的液滴,且不容易被点燃。

注2:可燃性薄雾可能被类似于蒸气点燃能量的火花点燃,但通常情况下,点燃又要求有很高的表面温度。通过接触高温表面点燃薄雾通常要求表面温度高于蒸气被点燃的温度。

G.6 如果认为可能形成可燃性薄雾,那么宜优先考虑控制释放源或设法降低危险,例如,通过透气护罩加速薄雾凝结、使用薄雾探测器或抑制系统等。如果不能确保包围或类似的控

制措施,那么宜考虑为潜在危险区域。但是,由于扩散机理和薄雾的可燃性条件不同于气体和蒸气,不能使用附录B中规定的分类方法。

注1:形成可燃性薄雾所需要的条件非常复杂,仅有一种定性方法是适当的。它可能对鉴别诸如有助于薄雾的形成以及可燃性的液体处理相关的因素有用。这些因素连同会导致释放的或然率一起足以评定危险等级,这有助于决定是否要求一个危险区域。

注2:一般来说,只有释放等级才与确定区域类型有关。多数情况的释放都是2级释放,连续级释放或1级释放等级通常与用于喷雾的设备有关,例如喷漆。

注3:如果危险区域确立,在区域划分图上宜将其与其它气体或蒸气相关的区域区分开,例如通过适当的标记。

G.7 与蒸气的点燃温度相比,根据最终滴落在热表面的液滴的大小,薄雾更不能被点燃,从而避免造成火灾危险。宜注意含有潜在的释放并防止其接触热表面。

G.8 薄雾要求最低的点燃浓度(与可燃性蒸气或可燃性粉尘类似)。对于非可燃性液体,通常与降低雾云的能见度有关。

宜考虑这些注意事项,薄雾通常是可见的,因此常常在经过一段时间后其释放量可减少。

注:已经表明燃油薄雾的可燃性下限近似于或小于油蒸气的可燃性下限。

G.9 由于润滑系统、喷雾或搅拌作为工艺过程的一部分,可燃性薄雾可能出现在设备的内部,那么装置的内部宜视为危险区域。在某些情况下,这种薄雾也可能会排入大气,例如穿过曲轴箱通气孔、罐或齿轮箱排气口排入大气的润滑油薄雾,因而出现的火灾危险。这种薄雾的排放宜通过除雾器进行。

G.10 对于液体的有意喷洒情况,例如喷漆,宜考虑增加注意事项。在这种情况下,场所划分通常遵循特定工业规程

G.11 GB 3836.15 电气装置的设计、选型和安装不包括对不存在可燃蒸气的高闪点液体造成的薄雾危险区的要求。

附 录 H

(资料性附录)

氢

H.1 空气中氢气的可燃范围为 4 %至 77 % (体积)。氢气也常见于可燃气体的混合物中, 如炼油厂工艺流程。对于气体混合物, 气体组应被视为 IIC 或 IIBH₂, 其中气体混合物包含 30 %或更多体积的氢气, 除非有其他特定数据可用。对于混合物中超过 3 %的任何气体, 温度等级应视为最低点火温度。

注: GB/T 3836.11 包括特定气体混合物的指南, 包括相关气体组的氢气, 如焦炉气和工业甲烷。

H.2 氢气的点燃温度为 560℃。虽然点燃空气中的氢气混合物需要非常高的温度, 但应采取预防措施, 确保氢气不会泄漏到任何热表面。

H.3 气体由于浮力的扩散速率与其相对于空气的密度成正比。氢气比空气轻, 空气迅速扩散, 并有上升的趋势。然而, 当气体扩散时, 给定体积的体积密度将趋向于接近空气的体积密度。随着氢气浓度的降低, 使得体积密度接近空气的体积密度, 低浓度的氢气将倾向于随空气移动。

H.4 氢的大量释放很可能会积聚在顶部空间。氢气的释放会在通风不良的壁龛、屋顶和宿舍形成气穴。相反, 这种空间中相对较小的开口将允许氢气逸出, 并且可能足以防止氢气由于低体积释放而浓缩。

H.5 氢气释放通常会在释放点方向产生喷流。一旦喷流动量消散, 羽流将采取更垂直的上升, 通常无害地分散在通风良好的区域。

H.6 通常容器饱和压力为 4 巴的液态氢溢出会使容器的低温内容物突然暴露在环境压力下。这种情况会立即将大部分液体沸腾或闪蒸成低温蒸气, 潜在地导致剩余的内容物溢出。液态氢在 1 个大气压低于 20 K 沸腾, 当暴露于环境温度时, 内容物将具有足够的热量来快速蒸发液态氢。液态氢溢出的暴露横截面积影响内容物闪蒸成蒸气和升温的速度。在氢的沸点, 冷氢蒸气比空气重, 直到它变暖。当冷蒸气与空气混合时, 空气会被冷却到露点以下, 导致冷凝并形成可见的云。在靠近地面并充分变暖后, 可见的蒸气云可能在上升时形成羽流。

H.7 空气含氢混合物观察到的火焰锋在水平方向燃烧时不太容易燃烧, 在向下方向燃烧时更是如此。

大量氢气的释放会形成羽流, 该羽流朝向羽流的中心线具有增加的氢气浓度。氢-空气混合物浓度较低的区域比朝向羽流中心浓度较高的区域需要更大的点火能量。当与相同成分的混合物(干燥且无运动)相比时, 羽流中的运动和水蒸气也会导致更大的引发能量。

因此, 当氢气羽流上升时, 羽流的外部区域(这些区域可能与接近化学计量的混合物相比, 遇到点火源)不太可能点燃。如果点火发生在羽流的外部区域, 只有点火源附近的气体才会燃烧, 火焰传播或爆燃穿过云层的可能性会降低。因此, 除非某些过程快速混合氢气羽流, 使其与整个云内的空气形成接近化学计量的混合物, 否则通常影响释放过程中混合的正常因素(扩散、浮力、风和湍流)不会导致羽流完全燃烧。

H.8 氢气释放的缓解策略应考虑提供气体的快速上升, 以打开远离结构的空气, 从而有助于防止释放过程中潜在的着火。在室内, 可以提供补充通风和/或足够的空间来稀释和分散释放物。当气体检测用作控制措施时, 传感器应放置在释放点上方和/或天花

板、出口风扇或出口管道附近。传感器需要常规校准时间表，传感器只能使用氢气作为校准气体进行校准。

H.9 氢气对人员安全和健康有多种危害，在设施安装过程中应予以考虑。

氢气有可能导致缺氧。空气中氢气混合条件的增加对于短时间呼吸可能是安全的，但是大气会高于可燃下限 (LFL)，从而导致潜在的爆炸性大气。

氢在释放时非常容易点燃，通常预计会发生点燃和/或火灾。小泄漏可能会发生并点燃，但在维护人员进入该区域之前不会被注意到。被点燃的氢羽会迅速闪回到氢源。从控制危险的角度来看，定位在源头或泄漏处的氢火通常比不断增长的氢烟更可取。

如果已知氢气泄漏有问题，例如非常高的压力或高温系统，则应考虑对泄漏源的额外保护措施。这些保障措施可以包括：

偏转挡板限制射流动量并促进分散，

蒸气在释放源周围喷射，以冷却高温释放，湿润气体并改变喷射扩散行为。

氢气云的燃烧将在几秒钟内完全发生。热能沉积不足以点燃建筑中使用的典型建筑物质。靠近的人员可能被严重烧伤，直接暴露的可燃液体也可能被点燃。

高压储存的氢气通常会在释放时产生喷射。如果被点燃，这将产生一股几乎看不见的巨大火焰喷射，对其路径上的任何东西都极其危险。在具有已知易泄漏接头的高压系统中，应考虑补充控制。

附录 I

(资料性附录)

杂混物

I.1 总述

杂混物是可燃气体或蒸气与可燃粉尘或可燃飞尘的混合物。这种杂混物的行为可能不同于气体/蒸气或灰尘。工业中可能遇到的情况的数量变化很大，因此提供具体的指导是不切实际的。然而，本附录就发现杂混物时应考虑的问题提供了指导。

I.2 通风的使用

通风作为控制措施的使用需要仔细考虑，因为它可以减少气体/蒸气危害，但会增加粉尘危害或对混合物的不同成分产生其他不同的影响。

I.3 浓度限值

杂混物可在气体/蒸气或粉尘爆炸浓度的个别爆炸极限之外形成爆炸气氛。除非有进一步的数据，否则建议，如果气体/蒸气浓度超过LEL的25%或粉尘浓度超过MEC的25%，则认为杂混物是爆炸性的。

I.4 化学反应；

还应考虑材料内可能发生的化学反应或灰尘中夹带的气体，这些化学反应可能导致过程中气体的释放。

I.5 能量/温度限值

当杂混物存在时，气体/蒸气的最低点火参数(如MIE和自燃温度)或粉尘云的最低点火温度可能低于混合物中的任何组分参数。在没有其他信息的情况下，所使用的参数应该是混合物中所有成分中最低的。

I.6 分区要求

应考虑分配具有相同额定值的气体 and 灰尘区域，以匹配任何部件的最坏情况要求，例如，带2区的区域21应被视为带1区的区域21。在考虑任何EPL评定时，应确定任何部件的点火结果将导致最坏的情况后果。

附录 J

(资料性附录)

支持危险场所分类的可用方程

J.1 总则

危险场所分类的方法要求对可燃物质的性质有充分的了解，以确定其释放或正在释放时的行为。以下部分包含有用的方程式，可用于计算环境条件下影响可燃气或蒸气在空气中扩散和稀释的一些参数。实验室或现场测试是合适的首选。

J.2 空气中的可燃物质释放的稀释

将可燃物质的给定释放稀释到低于可燃下限 $Q_{a\min}$ 的浓度的新鲜空气的理论最小通风流速可通过以下公式计算：

$$Q_{a\min} = \frac{W_g}{k LFL_m} \times \frac{T_a}{293} \quad (\text{J.1})$$

式中：

$Q_{a\min}$

W_g —可燃物质质量释放率(kg/s)；

k — LFL_m 的安全系数 (≤ 1.0)

LFL_m —以质量为基础的可燃燃烧下限 (kg/m^3)；

T_a —环境温度(K)。

例

找出在环境温度为 40℃ 时，由于受限液体池蒸发，稀释放速率 $W_g = 0.003 \text{ kg/s}$ 苯所需的新鲜空气的理论最小通风流速：

$$Q_{a\min} = \frac{W_g}{k LFL_m} \times \frac{T_a}{293} = \frac{0.003}{0.5 \times 0.039} \times \frac{313}{293} = 0.164 \text{ m}^3/\text{s}$$

注：可燃燃烧下限取自 GB/T 3836.11。

J.3 稀释可燃物质释放所需时间的估计

将可燃物质浓度从一定的稳态背景浓度 X_b 稀释到一定的临界浓度 X_{crit} 所需的理论时间 t_d 可由：

$$t_d = \frac{1}{C} \ln \left(\frac{X_b}{X_{crit}} \right) \quad (\text{J.2})$$

式中：

t_d —将可燃物质浓度的一个定义值稀释到另一个小于第一个的值需要的理论时间 (s)；

C —单位时间内单位体积内的空气变化量 (s^{-1})；

X_b —稳态条件下可燃物质背景浓度 (vol/vol)；

X_{crit} —可燃物质浓度的期望/临界值 (vol/vol)。

找出将可燃物质浓度降低到人工通风的外壳中的理论时间，以获得单位时间内从初始值 $X_b = 0.012$ 到临界浓度 $X_{crit} = 0.0024$ 的空气变化次数 $C = 6\text{h}^{-1}(0.002\text{s}^{-1})$ 。

$$t_d = \frac{1}{C} \ln \left(\frac{X_b}{X_{crit}} \right) = \frac{1}{0,002} \times \ln \left(\frac{0,012}{0,0024} \right) = 2\,347\,s = 0,65\,h$$

如上计算的理论时间 t_d 基于释放到外壳中的可燃物质的理想稀释。应始终考虑安全边际。

附 录 K
(资料性附录)
行业规范和国家标准

K.1 概述

一般来说,可以根据国家或行业规范接受分类的例子,在这些例子中可以清楚地证明它们适用于特定情况。应遵循国家或行业规范中确定的任何标准或限制。

如果打算将参考国家或行业代码中给出的示例用于区域分类,则必须考虑每个个案的具体细节,例如流程和位置特征。

这些规范和标准可能不适用于特定情况,例如:

- a) 释放量要么非常大,要么非常小;
- b) 特定工厂的设计不符合适当的国家标准或行业规范的所有要求;或者
- c) 通风、惰性气体的使用、蒸气屏障或其他方法用于降低危险程度或特定危险区域发生的可能性。

如果遵循特定规范或标准中的示例,则不应该互换针对同一示例的标准和规范,例如,如果某个标准被选为某个站点或应用程序的首选基础,则在没有正当理由的情况下,不应该选择另一个标准中的示例来实现不太严格的分类。

如果使用行业规范或国家标准中的示例,则应将它们作为分类的基础,而不是GB/T 3836.14。国家标准或行业代码的例子包括但不限于表k1中所示的那些。原产国按字母顺序排列。