#### GB

ICS 13.100

C 65

中华人民共和国国家标准

GB/T ××××—20××

危险化学品生产、储存装置（设施）

外部安全防护距离确定方法

Identification of major hazard installations for dangerous chemicals

External safety protection distance standard for hazardous

chemical production and storage installations

××××-××-××实施

××××-××-××发布

(征求意见稿)

**中 国 国 家 标 准 化 管 理 委 员 会**

中华人民共和国质量监督检验检疫总局

发布

目 次

[目 次 I](#_Toc488536020)

[前 言 III](#_Toc488536021)

[1 范围 1](#_Toc488536024)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc488536025)

[3 术语和定义 1](#_Toc488536026)

[4 外部安全防护距离确定流程 2](#_Toc488536027)

[5 事故后果法 3](#_Toc488536028)

[6 定量风险评价法 4](#_Toc488536029)

[附录A](#_Toc488536030)[（资料性附录）](#_Toc488536031)[评价单元选择方法—危险度评价法 17](#_Toc488536032)

[附录B](#_Toc488536033)[（资料性附录）](#_Toc488536034)[评价单元选择方法—设备选择数法 18](#_Toc488536035)

[附录C](#_Toc488536036)[（资料性附录）](#_Toc488536037)[源项和气云扩散计算 24](#_Toc488536038)

[附录D](#_Toc488536039)[（资料性附录）](#_Toc488536040)[探测和隔离系统的判定及相应的泄漏时间 40](#_Toc488536041)

[附录E](#_Toc488536042)[（资料性附录）](#_Toc488536043)[可燃物质释放事件树及点火概率 41](#_Toc488536044)

[附录F](#_Toc488536045)[（资料性附录）](#_Toc488536046)[影响阈值 47](#_Toc488536047)

[附录G](#_Toc488536048)[（资料性附录）](#_Toc488536049)[死亡概率与概率值对应关系及物质毒性常数 51](#_Toc488536050)

[附录H](#_Toc488536051)[（资料性附录）](#_Toc488536052)[某企业个人风险和社会风险计算结论示例 52](#_Toc488536053)

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由国家安全生产监督管理总局提出。

本标准由全国安全生产标准化技术委员会化学品安全分技术委员会（SAC/TC288/SC3）归口。

本标准起草单位：中国安全生产科学研究院、中石化青岛安全工程研究院、北京理工大学。

本标准主要起草人： xxx、xxx、xxx

危险化学品生产、储存装置（设施）

外部安全防护距离确定方法

# 1 范围

本标准规定了危险化学品生产、储存装置（设施）外部安全防护距离确定方法。

本标准适用于确定危险化学品生产、储存装置（设施）外部安全防护距离，不适用与民爆行业生产、流通企业，烟花爆竹生产项目和经营批发仓库、油气长输管道涉及的以及用于国防科研生产的危险化学品生产、储存装置（设施）。

# 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 18218 危险化学品重大危险源辨识

GB xxxx 危险化学品生产、储存装置（设施）可接受风险标准

GB 50089 民用爆破器材工程设计安全规范

GB 50160 石油化工企业设计防火规范

AQ/T 3046 化工企业定量风险评价导则

HG 20660 压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类

SY/T 6714 基于风险检验的基础方法

# 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

爆炸物 explosive

列入《危险化学品目录》的所有爆炸物，民用爆炸物品和烟花爆竹行业中涉及到的危险化学品爆炸物从其行业专门规定。

3.2

外部安全防护距离 safety distance

为了预防和减缓危险源潜在事故（火灾、爆炸和中毒等）对厂外保护目标的影响，在危险源与防护目标之间设置的间距或风险控制线。

3.3

防护目标 protection object

指在发生危险化学品事故时，易造成群死群伤的建筑或设施，包括：城乡居民点设施、公共管理与公共服务建筑、商业服务业设施、部分交通设施、公园广场设施等。

3.4

定量风险评价 quantitative risk assessment（QRA）

对某一设施或作业活动中发生事故频率和后果进行定量分析，并与风险可接受标准比较的系统方法。

3.5

个人风险 individual risk (IR)

假设人员100%处于某一危险场所且无保护，由于发生事故而导致的死亡频率，单位为次/年。

3.6

社会风险 societal risk

能够引起大于等于N人死亡的事故累积频率（F），也即单位时间内（通常每年）的死亡人数。常用社会风险曲线（F-N曲线）表示。

# 4 外部安全防护距离确定流程

4.1 危险化学品生产、储存装置（设施）按照图1中的流程确定外部安全防护距离确定方法。



图 1 危险化学品生产、储存装置（设施）外部安全防护距离确定流程

4.2 事故后果法适用于涉及爆炸物的危险化学品生产、储存装置（设施），涉及民爆行业生产、流通企业，烟花爆竹生产项目和经营批发仓库，有专门标准的宜从其规定。

4.3 定量风险评价方法适用于构成危险化学品重大危险源，且毒性气体或易燃气体的设计最大量与其在《危险化学品重大危险源辨识》中规定的临界量比值之和大于或等于1的危险化学品生产、储存装置。

4.4 4.2及4.3规定以外的危险化学品生产、储存装置（设施）的外部安全防护距离应满足相关标准规范的要求。

# 5 事故后果法

5.1 计算程序

事故后果法确定外部安全防护距离的流程如图2。



图 2 事故后果法确定外部安全防护距离流

5.2 基础资料收集

5.2.1 与爆炸物有关的工艺过程资料，包括爆炸物资料、装置（设施）平面布置图、工艺过程描述等。

5.2.2 装置（设施）外部周边基础信息资料，包括周边土地使用状况、地形状况、居民与人口分布统计资料等。

5.3 最严重事故情景确定

5.3.1 辨识生产、储存装置（设施）中涉及爆炸物的单元，参照《民用爆破器材工程设计安全规范》GB50089规定，确定该生产、储存装置（设施）内能够发生同时爆炸的最大爆炸物数量，并将该数量爆炸物质同时发生爆炸的情景作为最严重事故情景。

5.3.2 生产、储存装置（设施）中硝酸铵独立储存时，可不考虑其发生爆炸的事故情景。生产、储存装置（设施）中硝酸铵在极端条件下，容易受到周边其他可燃物、易燃物、其他爆炸物或其他禁忌物品影响时，应考虑其发生爆炸的事故情景，并将硝酸铵存量的一半计入该生产、储存装置（设施）能够发生同时爆炸的最大爆炸物数量。

5.4 外部安全防护距离计算

5.4.1 根据最严重事故情景以及表1给出的冲击波超压安全阈值，按照下式计算外部安全防护距离：

 （1）

式中：

*ΔP*——空气冲击波超压值，帕斯卡（Pa）；

*Q*——一次爆炸的梯恩梯（TNT）炸药当量，千克（kg）；

*R*——爆炸点距防护目标的距离，米（m）。

表 1 不同类型防护目标的冲击波超压安全阈值

| 防护目标 | 安全阈值（Pa） |
| --- | --- |
| 高敏感防护目标  重要防护目标  一般防护目标中的一类防护目标 | 2000 |
| 一般防护目标中的二类防护目标 | 5000 |
| 一般防护目标中的三类防护目标 | 9000 |
| 注1：防护目标类别按照《危险化学品生产、储存装置（设施）可接受风险标准》进行划分。  注2：  2000pa阈值为对建筑物基本无破坏的上限；  5000pa阈值为对建筑物造成次轻度破坏（2~9kpa）的中等偏下，有可能造成玻璃全部破碎，瓦屋面少量移动，内墙面抹灰少量掉落；  9000pa阈值为造成建筑物次轻度破坏（2~9kpa）的上限，有可能造成房屋建筑物部分破坏不能居住，钢结构的建筑轻微变形，对钢筋混凝土柱无损坏。  以上阈值基本不会对室外人员造成直接死亡。 | |

5.4.2 因地形条件对外部安全防护距离造成的影响可参照《民用爆破器材工程设计安全规范》的附录A执行。

# 6 定量风险评价法

6.1 计算程序

6.1.1 外部安全防护距离确定的具体过程包括以下步骤：

a) 确定评估单元；

b) 收集资料数据；

c) 危险识别和泄漏情景辨识；

d) 分析事故频率；

e) 分析事故后果；

f) 风险计算；

g) 确定外部安全防护距离。



图 3 定量风险计算法计算流程

6.2 资料数据收集

6.2.1 根据评估单元的范围确定所需收集的资料数据，包括但不限于表2列的资料数据。

表 2 定量风险评价收集的一般资料数据

|  |  |
| --- | --- |
| 类别 | 一般资料数据 |
| 危害信息 | 危险物质存量、危险物质安全技术说明书（MSDS）、现有的工艺危害分析（如危险与可操作性分析（HAZOP））结果、点火源等。 |
| 设计和运行数据 | 设计说明、平面布置图、工艺技术规程、安全操作规程、工艺流程图（PFD）、管道和仪表流程图（P&ID）、设备数据、管道数据、运行数据等。 |
| 减缓控制系统 | 探测和切断系统（气体探测、火焰探测、毒性探测、电视监控、联锁切断等）、消防、水幕等减缓控制系统。 |
| 管理系统 | 管理制度、操作和维护手册、培训、应急、事故调查、承包商管理、机械完整性管理、变更和作业程序等。 |
| 自然条件 | 大气参数（气压、温度、湿度、太阳辐射热等）、风速及大气稳定度联合频率；  现场周边地形、现场建筑物等。 |
| 历史数据 | 事故案例、设备失效统计资料等。 |
| 人口数据 | 企业厂区内、厂区外的人口分布。 |

6.2.2 人口数据统计原则

6.2.2.1 遵循以下原则开展人口分布统计：

a) 根据评价目标，确定人口统计的地域边界；

b) 考虑人员分布在白天和夜间的区别；

c) 考虑娱乐场所、体育馆等敏感场所人员的流动性；

d) 考虑已批准的规划区内可能存在的人口。

6.2.2.2 对人口数据可采用实地统计数据，也可采用通过政府主管部门、地理信息系统或商业途径获得的数据。

6.2.3 点火源统计原则

6.2.3.1 化工企业典型点火源分为：

a) 点源，如加热炉（锅炉）、机车、火炬、人员等；

b) 线源，如公路、铁路、输电线路等；

c) 面源，如厂区外的化工厂、冶炼厂等。

6.2.3.2 应对评价单元的工艺条件、设备（设施）、平面布局等资料进行分析，结合现场调研，确定最坏事故场景影响范围内的潜在点火源，并统计点火源的名称、种类、方位、数目以及出现的概率等要素。

6.3 确定评价单元

6.3.1 根据评价目的，根据本标准第4.1条的流程筛选出需要进行定量风险计算的危险化学品生产、储存装置（设施），当评价对象存在于多个危险化学品生产、储存装置时，应将其作为一个整体开展定量风险评价工作，以便考虑风险的叠加效应。

6.3.2 根据评价目的，可对危险化学品生产、储存装置（设施）辨识出的所有危险单元开展定量风险评价；也可对辨识出的危险单元进行初步评价，然后选择能代表评价对象风险水平的单元开展定量风险评价的单元。

6.3.2.1 评价单元的选择可采用如下方法：

a) 危险度评价法（见附录A）；

b) 设备选择数法（见附录B）；

c) 其他方法。

6.4 危险识别和泄漏场景辨识

6.4.1 应根据评价对象的具体情况进行系统的危险识别，识别系统中可能对人造成急性伤亡或对物造成突发性损坏的危险，确定其存在的部位、方式以及发生作用的途径和变化规律。

6.4.2 危险识别可采用如下方法：

a) 系统危险识别方法，如安全检查表法（Checklist）、故障假设分析法（What-if）、危险与可操作性分析法（HAZOP）、故障类型和影响分析法（FMEA）、故障树分析法（FTA）等；

b) 重大危险源辨识；

c) 其他危险源辨识方法，如事故案例分析等。

6.4.3 对泄漏场景的设定应同时满足以下两个条件：

a) 泄漏发生的概率≥10-8/年；

b) 至少导致1％的致死伤害概率。

6.4.3.1 泄漏场景根据泄漏孔径大小可分为完全破裂以及孔泄漏两大类，各泄漏孔径的取值范围和代表值如表3所示。当设备（设施）直径小于150 mm时，取小于设备（设施）直径的孔泄漏场景以及完全破裂场景。

表 3 泄漏孔径取值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 泄漏场景 | 范围 | 代表值 |
| 小孔泄漏 | 0 mm~5 mm | 5 mm |
| 中孔泄漏 | 5 mm~50 mm | 25 mm |
| 大孔泄漏 | 50 mm~150 mm | 100 mm |
| 完全破裂 | >150 mm | 1）设备（设施）完全破裂或泄漏孔径＞150 mm  2）全部存量瞬时释放 |

6.4.3.2 泄漏场景的选择应考虑设备（设施）的工艺条件、历史事故和实际的运行环境，宜采用表4定义的典型泄漏场景。

表 4 设备（设施）典型泄漏场景

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 设备（或设施）种类 | 泄漏事件 |
| 1 | 管道 | 见6.4.3.3 |
| 2 | 固定的带压容器和储罐 | 见6.4.3.4 |
| 3 | 固定的常压容器和储罐 | 见6.4.3.5 |
| 4 | 泵 | 见6.4.3.6 |
| 5 | 换热器 | 见6.4.3.7 |
| 6 | 压力释放装置 | 见6.4.3.8 |
| 7 | 仓库 | 见6.4.3.9 |
| 8 | 爆炸物储存 | 见6.4.3.10 |
| 9 | 铁路槽车或汽车槽车 | 见6.4.3.11 |
| 10 | 运输船舶 | 见6.4.3.12 |

6.4.3.3 管道

a) 泄漏场景见6.4.3.1；

b) 对于完全破裂场景，如果泄漏位置严重影响泄漏量或泄漏后果，应至少分别考虑以下三个位置的完全破裂：

——管道上游；

——管道中游；

——管道下游。

c) 对于长管线，应沿管线选择一系列泄漏点，泄漏点的初始间距可取为50 m，泄漏点数应确保当增加泄漏点数量时，风险曲线不会显著变化。

6.4.3.4 固定的带压容器和储罐

固定的带压容器和储罐分为三类，见表5，其泄漏场景见6.4.3.1。

表 5 带压容器和储罐分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 定义 | 例子 |
| 带压容器 | 内部绝对压力大于0.1MPa储存容器。 | 分液罐、压力储罐等。 |
| 工艺容器 | 在容器内，物质发生物理性质变化（如温度或相态）的容器。如果容器仅仅发生液位的变化，则它应作为一个受压容器（不包括具有管程和壳程结构的换热器）。 | 蒸馏塔、过滤器、冷凝器等。 |
| 反应容器 | 在容器内物质发生了化学变化的容器。如果在一个容器内发生了物质混合放热，则该容器也应作为一个反应容器。 | 通用反应器、釜式反应器、床式反应器等。 |

6.4.3.5 固定的常压容器和储罐

当容器或储罐的内部绝对压力小于或等于0.1 MPa时，应考虑为常压容器或储罐，常见的常压容器和储罐的泄漏场景如表6所示。

表 6 固定的常压容器和储罐的泄漏场景

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 泄漏到大气中 | | | | 泄漏到外罐中 | | | |
|  | 5mm  孔径泄漏 | 25mm  孔径泄漏 | 100mm  孔径泄漏 | 完全破裂 | 5mm  孔径泄漏 | 25mm  孔径泄漏 | 100mm  孔径泄漏 | 完全破裂 |
| 单防罐（单层容器） | √ | √ | √ | √ |  |  |  |  |
| 双防罐 |  |  |  | √ | √ | √ | √ | √ |
| 全防罐 |  |  |  | √ |  |  |  |  |
| 半地下储罐 | √ | √ | √ | √ | 注1 | | | |
| 地下储罐 | 注1 | | | | | | | |
| 注1：对于地下储罐的泄漏场景，周围包围介质（如土壤）应考虑为第二级容器（外罐），如果储罐周围的包围介质允许泄漏物质快速蒸发或包围介质可能失效，则应考虑地下储罐的泄漏场景。对于半地下储罐的地下部分，应遵循地下储罐的原则。  注2：低温储罐考虑为常压储罐，低温储罐的泄漏事件和常压储罐一致。 | | | | | | | | |

6.4.3.6 泵和压缩机

泵和压缩机的泄漏场景取吸入管道的泄漏场景，见6.4.3.1；当泵或压缩机的吸入管道直径小于150 mm时，则最后一种泄漏场景的孔尺寸为吸入管道的直径。

6.4.3.7 换热器

换热器的泄漏场景如表7所示。

表 7 换热器的泄漏场景

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 场  景  物  料  位  置 | 泄漏场景1 | 泄漏场景2 | 泄漏场景3 | 泄漏场景4 |
| 危险物质在壳程 | 5 mm孔径泄漏 | 25 mm孔径泄漏 | 100 mm孔径泄漏 | 破裂 |
| 危险物质在管程，壳程设计压力小于危险物质压力 | 一条管道5 mm孔径泄漏 | 一条管道25 mm孔径泄漏 | 一条管道破裂 | 10条管道破裂 |
| 危险物质在管程，壳程设计压力大于危险物质压力 |  |  |  | 10条管道破裂 |
| 注：假设泄漏物质直接泄漏到大气环境中。 | | | | |

6.4.3.8 压力释放装置

若压力释放装置的排放气直接排入大气环境中，应考虑压力释放装置的风险，其泄漏场景可取压力释放装置以最大释放速率进行排放。

6.4.3.9 仓库

应考虑包装单元和仓库火灾的可能性，可取以下三种场景：

场景1：固体包装单元的粉末扩散；

场景2：液体包装单元的存量释放；

场景3：火灾（关注毒性燃烧产物和非火灾燃烧产生的毒性物释放）

6.4.3.10 铁路槽车或汽车槽车

企业内部铁路槽车或汽车槽车的泄漏场景应考虑槽车自身失效引起的泄漏、装卸活动导致的泄漏和外部影响导致的泄漏。泄漏场景可按照表8取值。

表 8 铁路槽车或汽车槽车泄漏场景

|  |  |
| --- | --- |
| 设备（设施） | 泄漏场景 |
| 汽车槽车或铁路槽车 | 1）孔泄漏，孔直径等于槽车最大接管直径  2）槽车破裂 |
| 装卸软管 | 见6.4.3.1 |
| 装卸臂 | 见6.4.3.1 |
| 外部影响（冲击） | 见注1 |
| 槽车火灾 | 罐内存量瞬时释放，见注2 |
| 注1：外部影响导致的槽车泄漏由具体环境所确定，如果采取了预防交通事故的措施（如限速），可不考虑外部影响。  注2：槽车火灾可能导致罐内存量瞬时释放，多种原因可能导致槽车罐下发生火灾，如储罐周边的火灾或储罐下部的连接部分发生泄漏，遇到点火源等。 | |

6.4.3.11 运输船舶

企业内部运输船舶的泄漏事件应考虑装卸活动和外部影响（冲击），泄漏场景如表9所示。

表 9 运输船舶的泄漏场景

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备  （设施） | 泄漏场景 | 备注 |
| 装卸臂 | 见6.4.3.1 | 装卸活动 |
| 气体罐（运输船上的） | 见6.4.3.1 | 外部影响（冲击） |
| 半气体罐（冷冻） | 见6.4.3.1 | 外部影响（冲击） |
| 单壁液体罐 | 见6.4.3.1 | 外部影响（冲击） |
| 双壁液体罐 | 见6.4.3.1 | 外部影响（冲击） |
| 注1：外部影响如船舶碰撞引起的运输船舶泄漏由具体情况确定，可不考虑罐体完全破裂。如果船停泊在港口外，外部碰撞造成的泄漏不需要考虑。  注2：如果装卸臂由多根管道组成，装卸臂的完全破裂按照所有管道同时完全破裂场景计算。 | | |

6.5 泄漏概率分析

6.5.1 泄漏概率可使用以下数据来源：

a) 工业失效数据库；

b) 企业历史数据；

c) 供应商的数据；

d) 基于可靠性的失效概率模型。

6.5.2 泄漏概率数据选择应考虑以下事项：

a) 使用工业失效数据库时，应确保泄漏场景与失效数据场景基本假设相一致，并应结合设备（设施）的工艺条件、运行环境和设备管理水平等因素的影响，对泄漏频率进行修正。典型设备泄漏概率和泄漏概率修正方法见附录D；

b) 使用企业历史数据时，应保证该历史数据充足并具有统计意义；

c) 应谨慎使用供应商提供的数据。

6.6 事故后果分析

6.6.1 源项和气云扩散计算

6.6.1.1 源项和气云扩散的计算应考虑以下情形：

a) 泄漏（释放）；

b) 闪蒸和液池蒸发；

c) 射流和气云扩散；

d) 火灾；

e) 爆炸。

6.6.1.2 在选择源项和气云扩散模型时，应考虑泄漏物质的特性。模型及相关计算条件的科学性已得到试验数据验证或模型比较研究论证等，源项和气云扩散的计算模型参见附录C。

6.6.2 泄漏

6.6.2.1 对每一个泄漏场景应选择一个合适的泄漏模型，不同泄漏场景的泄漏速率计算方法参见附录C.1。

6.6.2.2 泄漏位置应根据设备（设施）实际情况而确定。在工艺容器或反应容器中，当容器内同时存在气相和液相时，应模拟气相泄漏和液相泄漏两种场景。

6.6.2.3 泄漏方向应根据设备安装的实际情况确定。如果没有准确的信息，泄漏方向宜设为水平方向，与风向相同。对于地下管道，泄漏方向宜为垂直向上。

6.6.2.4 泄漏一般考虑为无阻挡释放，以下两种情况宜考虑泄漏位置附近的地面或者物体的阻挡作用：

a) *Lo*/*Lj*小于0.33，*Lo*为泄漏点到阻挡物的距离，*Lj*为自由喷射长度，见式（2）：

 （2）

式中：

*u0*——源处的喷射速度，单位为m/s；

*b0*——源半径，单位为m；

*ua*i*r*——平均环境风速，单位为m/s，通常取5 m/s。

b) 对所有可能的释放方向，*Lo*/*Lj*小于0.33的概率*Pi*大于0.5，在这种情况下，频率为*f*的泄漏场景应分成两个独立的泄漏场景：频率*Pi*×*f*的有阻挡释放和频率为（1-*Pi*）×*f*的无阻挡释放。

6.6.2.5 最大可能泄漏量

最大可能泄漏量取a）和b）的较小值：

a） 泄漏设备单元中的物料加上相连设备截断前可流入到泄漏设备单元中的物料，设定流入速度等于泄漏速度；

b） 泄漏设备及相连单元内所有的物料量。泄漏设备及相连单元内所有的物料量应根据实际运行数据确定，当缺乏数据时可采用SY/T 6714中7.4条推荐的方法进行估算。

6.6.2.6 有效泄漏时间的确定

6.6.2.6.1 在确定有效泄漏时间时，应考虑如下因素：

a） 设备和相连系统中的存量；

b） 探测和隔离时间；

c） 可能采取的任何反应措施。

6.6.2.6.2 应对每个泄漏场景的有效泄漏时间逐个确认，有效泄漏时间可取如下三项中的最小值：

a） 60 min；

b） 最大可能泄漏量与泄漏速率的比值；

c） 基于探测及隔离系统等级的泄漏时间，参见附录D。

6.6.3 闪蒸和液池蒸发

6.6.3.1 过热液体泄漏计算应考虑闪蒸的影响，闪蒸计算参见附录C.2。

6.6.3.2 液池扩展应考虑地面粗糙度、障碍物以及液体收集系统等影响，如果存在围堰、防护堤等拦蓄区，且泄漏的物质不溢出拦蓄区时，液池最大半径为拦蓄区的等效半径。

6.6.4 扩散

6.6.4.1 计算扩散时，应至少考虑以下两种情况：

a) 射流。对于射流需确定喷射高度或距离。

b) 大气扩散。大气扩散计算应考虑实际气体特性，根据扩散气体的初始密度、Richardson数等条件选择重气扩散或非重气扩散。

6.6.4.2 室内的容器、油罐和管道等设备泄漏，应考虑建筑物对扩散的影响，选择模型时应考虑以下情况：

a) 建筑物不能承受物质泄漏带来的压力，可设定物质直接释放到大气中。

b) 建筑物可承受物质泄漏带来的压力，则室外扩散源项应考虑建筑物内的源项以及通风系统的影响。

6.6.4.3 在计算扩散时，宜选择稳定、中等稳定、不稳定、低风速、中风速和高风速等多种天气条件。当使用Pasquill大气稳定度（参见附录C.3）时，可选择以下六种天气类别，见表10。

表 10 选择的天气条件

|  |  |
| --- | --- |
| 大气稳定度 | 风速 |
| B | 中风速：3 m/s ~5 m/s |
| D | 低风速：1 m/s ~2 m/s |
| D | 中风速：3 m/s ~5 m/s |
| D | 高风速：8 m/s ~9 m/s |
| E | 中风速：3 m/s ~5 m/s |
| F | 低风速：1 m/s ~2 m/s |

6.6.4.4 扩散计算时，应考虑当地的风速、风向及稳定度联合频率，宜选择十六种风向。气象统计资料宜采用评价单元附近气象站的气象统计数据。

6.6.5 火灾和爆炸

6.6.5.1 对于可燃气体或液体泄漏（释放）应考虑发生沸腾液体扩展蒸气云爆炸（BLEVE）和（或）火球、喷射火、池火、蒸气云爆炸及闪火等火灾、爆炸场景。具体场景与物质特性、储存参数、泄漏类型、点火类型等有关，可采用事件树方法确定各种可燃物质释放后，各种事件发生的类型及概率。可燃物质释放后的事件树参见附录E.1。

6.6.5.2 点火类型

点火分为立即点火和延迟点火。

6.6.5.3 点火概率

立即点火的点火概率应考虑设备类型、物质种类和泄漏形式（瞬时释放或者连续释放）。可根据数据库统计或通过概率模型计算获得。可燃物质泄漏后立即点火的概率参见附录E.2。

延迟点火的点火概率应考虑点火源特性、泄漏物特性以及泄漏发生时点火源存在的概率，可按式（2）计算：

 （3）

式中：

*P*(*t*)——0~*t*时间内发生点火的概率；

*Ppresent*——点火源存在的概率；

*ω*——点火效率，单位为s-1，与点火源特性有关；

*t*——时间，单位为s。

常见点火源在1 min内的点火概率参见附录E.3。

6.6.5.4 压缩液化气体或压缩气体瞬时释放时，应考虑BLEVE或火球的影响。BLEVE或火球热辐射计算参见附录C.4.2。

6.6.5.5 可燃有毒物质

可燃有毒物质在点火前应考虑毒性影响，在点火后应考虑燃烧影响。可进行如下简化：

a) 对低活性物质（参见附录E.2），假设不发生点火过程，仅考虑有毒物释放影响。

b) 对中等活性及高活性物质，宜分成可燃物释放和有毒物释放两种独立事件进行考虑。

6.6.5.6 对于喷射火，其方向为物质的实际泄漏方向；如果没有准确的信息，宜考虑垂直方向喷射火和水平方向喷射火，计算方法参见附录C.4.3。

6.6.5.7 气云延迟点火发生闪火和爆炸时，可将闪火和爆炸考虑为两个独立的过程。

6.6.5.8 气云爆炸产生的冲击波超压计算宜考虑气云的受约束或阻碍状况，计算方法参见附录C.4.4。

6.6.6 减缓控制系统

应考虑不同种类的减缓控制系统对危险物质释放及其后果的影响。如果能够确定减缓控制系统的效果，宜采用下列步骤反映减缓控制系统的作用：

a) 确定系统起作用需要的时间t；

b) 确定系统的效果；

c) 0到t时间内不考虑减缓控制作用；

d) t时间后的源项值应考虑减缓控制系统的效果并进行修正；

e) 应考虑减缓控制系统的失效概率。

6.6.7 暴露影响

6.6.7.1 死亡概率计算

6.6.7.1.1 有毒气体、热辐射和超压的影响参见附录F。

6.6.7.1.2 给定暴露下死亡概率可采用概率函数法计算，死亡概率*Pd*与相应的概率值*Pr*函数关系见下式，*Pd*和*Pr*的对应关系见附录G.1。

 （4）

 （5）

式中：

*t*——暴露时间，单位为s。

6.6.7.2 中毒

毒性暴露下死亡概率值可按下式计算：

 （6）

式中：

——毒性暴露下的死亡概率值；

a,b,n——描述物质毒性的常数，见附录G.2；

C——浓度，单位为mg/m3 ；

t——暴露于毒物环境中的时间，单位为min，最大值为30 min。

6.6.7.3 热辐射危害

6.6.7.3.1 火球、池火及喷射火的死亡概率值可按下式计算：

 （7）

式中：

——热辐射暴露下的死亡概率值；

*Q*——热辐射强度，单位为W/m2 ；

*t*——暴露时间，单位为s，最大值为20 s。

6.6.7.3.2 在计算热辐射暴露死亡概率时，处于火球、池火及喷射火火场中或热辐射强度不小于37.5 kW/m2时，人员的死亡概率为100%；

6.6.7.4 闪火和爆炸

6.6.7.4.1 闪火的火焰区域等于点燃时可燃云团LFL的范围。闪火火焰区域内，人员的死亡概率值为100%；闪火火焰区域外，人员的死亡概率值为0。

6.6.7.4.2 对于蒸气云爆炸，在0.03 MPa超压影响区域内，人员的死亡概率为100%；在0.01 MPa超压影响区域外，人员的死亡概率为0。

6.7 定量风险计算

6.7.1 定量风险可用个人风险和社会风险来度量。个人风险可用绘制在标准比例尺地理图上的个人风险等值线表示，个人风险等值线宜频率不小于10-8/年。社会风险可用F-N曲线表示。

6.7.2 在计算个人风险和社会风险时，应对评价区域进行计算网格划分。网格单元的划分应考虑当地人口密度和事故影响范围，网格尺寸不应影响计算结果。在确定每个网格单元的人员数量时，可假设网格单元内部有相同的人口密度。将点火概率分配到每一个网格单元，如网格中有多个点火源，应将所有的点火源合并成处于网格单元中心的单个点火源。

6.7.3 当人员处于室外时，个人风险可按下式进行修正：

 （8）

式中：

——个人风险计算时的死亡概率；

——个人风险计算时的死亡概率修正因子，取值参见表11；

——人员的死亡概率。

当人员处于室外和室内两种情况下时，社会风险可按下式进行修正：

 （9）

式中：

——社会风险计算时的人口死亡百分比；

——社会风险计算时的人口死亡百分比修正因子，取值参见表11；

——人员的死亡概率。

表 11 修正因子β取值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 危害场景 | |  |  | |
| 室外 | 室外 | 室内 |
| 爆炸 | 爆炸超压≥0.03 MPa | 1 | 1 | 1 |
| 0.01 MPa＜爆炸超压＜0.03 MPa | 注1 | | |
| 爆炸超压≤0.01 MPa | 0 | 0 | 0 |
| 闪火范围内 | | 1 | 1 | 1 |
| 闪火范围外 | | 0 | 0 | 0 |
| 热辐射强度< 37.5 kW/m2 | 火球 | 1 | 0.14a） | 0 |
| 喷射火 | 1 | 0.14 a） | 0 |
| 池火 | 1 | 0.14 a） | 0 |
| 热辐射强度≥ 37.5 kW/m2 | 火球 | 1 | 1 | 1 |
| 喷射火 | 1 | 1 | 1 |
| 池火 | 1 | 1 | 1 |
| 毒性 | | 1 | 1 | 1b） |
| 注1：爆炸超压0.01 MPa~0.03 MPa半径区域的室外人员的死亡概率为0；在计算社会风险时，室内人员需考虑建筑物破坏的影响，死亡百分比为2.5%。  a）：当计算社会风险时，通常认为在衣服着火以前，室外人员因受到衣服的保护而减弱了热辐射的影响，与没有衣服保护相比，其死亡百分比减小至0.14倍，因此修正因子为0.14。  b）：计算室内人员的死亡百分比时应考虑室内真实毒性剂量，室内毒性剂量与毒性气团的通过时间和房间通风率有关，在没有具体参数时，可取同样剂量下室外人员死亡概率的0.1倍。 | | | | |

6.7.4 个人风险及社会风险计算流程

6.7.4.1 个人风险计算流程如图4所示：

a）选择一个泄漏场景（*LOC*），确定*LOC*的发生频率；

b）选择一种天气等级*M*和该天气等级下的一种风向，给出天气等级*M*和风向同时出现的联合概率；

c）如果是可燃物释放，选择一个点火事件*i*并确定点火概率*Pi*。如果考虑物质毒性影响，则不考虑点火事件；

d）计算在特定的*LOC*、天气等级*M*、风向及点火事件*i*（可燃物）条件下网格单元上的死亡概率，计算中参考高度取1 m；

e）计算（*LOC*、*M*、、*i*）条件下对网格单元个体风险的贡献；

 （10）

f）对所有的点火事件，重复c）–e）步的计算；对所有的天气等级和风向，重复b）–e）步的计算；对所有的LOC，重复a）–e）步的计算，则网格点处的个人风险由下式计算。

 （11）



图 4 网格点的个人风险计算程序

6.7.4.2 社会风险计算

社会风险计算程序见图5，步骤如下：

a）首先确定以下条件：

1）确定*LOC*及其发生频率*fs*；

2）选择天气等级*M*，概率为*PM*；

3）选择天气等级*M*下的一种风向，概率为；

4）对于可燃物，选择条件概率为*Pi*的点火事件*i*。

b）选择一个网格单元，确定网格单元内的人数*Ncell*；

c）计算在特定的*LOC*、*M*、及*i*下，网格单元内的人口死亡百分比，计算中参考高度取1 m。

d）计算在特定的*LOC*、*M*、及*i*下的网格单元的死亡人数；

 （12）

e）对所有网格单元，重复b）–d）步的计算，对*LOC*、*M*、及*i*，计算死亡总人数；

 （13）

f）计算*LOC*、*M*、及*i*的联合频率；

 （14）

对所有的*LOC*（*fS*）、*M*、及*i*，重复a）–f）步的计算，用累积死亡总人数*NS,M,ф,i*≥*N*的所有事故发生的频率*fS,M,φ,i*构造F-N曲线。

 （15）



图 5 社会风险计算流程

6.8 外部安全防护距离确定

根据计算得到的危险化学品生产储存装置个人风险和社会风险，按照《危险化学品生产、储存装置（设施）风险可接受标准》（GB ×××× ）确定不同类型防护目标外部安全防护距离。

# 附录A

# （资料性附录）

# 评价单元选择方法—危险度评价法

A.1 危险度评价法

该方法是以各单元的物料、容量、温度、压力和操作等五项指标进行评定，每一项又分为A、B、C、D四个类别，分别给定10分、5分、2分、0分，最后根据这些分值之和来评定该单元的危险程度等级。危险度评价取值表见表A.1。

表A.1 危险度评价取值表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 工 程 | 分 值 | | | |
| A（10分） | B（5分） | C（2分） | D（0分） |
| 物质（系指  单元中危险、有害程  度最大的物质） | 1.甲类可燃气体a；  2.甲A类物质及液态烃  类；  3.甲类固体；  4.极度危害物质b。 | 1.乙类可燃气体；  2.甲B、乙A类可燃液体；  3.乙类固体；  4.高度危害物质。 | 1.乙B、丙A、丙B类  可燃液体；  2.丙类可燃固体；  3.中、轻度危害物质。 | 不属于左述之A、B、C项之物质。 |
| 容 量c | 1.气体在1000 m3以上；  2.液体在100 m3以上。 | 1.气体在500 m3～1000 m3；  2.液体在50 m3～100 m3。 | 1.气体在100 m3～500 m3；  2.液体在10 m3～50 m3。 | 1.气体＜100 m3；  2.液体＜10 m3。 |
| 温 度 | 1000 ℃以上使用，其操作温度在燃点以上。 | 1.1000 ℃以上使用，但操作温度在燃点以下；  2.在250 ℃～1000 ℃使用，其操作温度在燃点以上。 | 1.在250 ℃～1000 ℃使用，其操作温度在燃点以下；  2.在低于250 ℃时使用，操作温度在燃点以上。 | 在低于250 ℃时使用，操作温度在燃点以下。 |
| 压 力 | 100 MPa | 20 MPa～100 MPa | 1 MPa～20 MPa | 1 MPa以下 |
| 操 作 | 1.临界放热和特别剧烈的放热反应操作；  2.在爆炸极限范围内或其附近操作。 | 1.中等放热反应（如烷基化、酯化、加成、氧化、聚合、缩合等反应）操作；  2.系统进入空气或不纯物质，可能发生危险的操作；  3.使用粉状或雾状物质，有可能发生粉尘爆炸的操作；  4.单批式操作。 | 1.轻微放热反应（如加氢、水合、异构化、烷基化、磺化、中和等反应）操作；  2.在精制过程中伴有化学反应；  3.单批式操作，但开始使用机械等手段进行程序操作；  4.有一定危险的操作。 | 无危险的操作。 |
| a见《石油化工企业设计防火规范》（GB50160）中可燃物质的火灾危险性分类。  b见《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》（HG 20660）表1、表2、表3。  c（1）有触媒的反应，应去掉触媒所占空间；（2）气液混合反应，应按其反应的相态选择上述规定。 | | | | |

危险度分级见表A.2。

表A.2 危险度分级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 总分值 | ≥16分 | 11分～15分 | ≤10分 |
| 等级 | I | II | III |
| 危险程度 | 高度危险 | 中度危险 | 低度危险 |

可选择总分值≥11分的单元（装置）进行风险评价。

# 附录B

# （资料性附录）

# 评价单元选择方法—设备选择数法

B.1 引言

选择数方法是根据单元中危险物质的量和工艺条件，来表征该单元的相对危险性，流程示意图见图B.1。具体步骤如下：

a） 将企业划分为独立的单元；

b） 计算单元的指示数*A*，它表征了单元的固有危险，*A*＝*f*（危险物质的质量，工艺条件，物质属性）；

c） 计算企业周边系列点上单元造成的危险。该点的危险用选择数*S*来表征，它是指示数*A*和该点与装置的距离*L*的函数，*S*＝*f*（*A*，*L*）；

A） 根据选择数*S*的相对大小，选择需进行定量风险评价的单元。

划分评价对象到独立的单元

选择一套单元

计算指示数*A*

所有单元

选择一个计算点

计算所有单元的选择数*S*

选择单元

所有计算点

否

否

图B.1 设备选择数法流程示意图

B.2 单元划分

划分单元的主要原则如下：

a）“独立单元”是指该单元内物质的泄漏不会导致相邻其它单元的物质大量释放。如果事故发生时，两个单元能够在非常短的时间内切断，则它们可划分为相互独立的单元。

b）区分工艺单元和储存单元。对于储存单元，如储罐，既使储罐包含循环系统和热交换系统，它仍将作为一个独立的储存单元对待。

B.3 计算指示数*A*

指示数*A*为无因次量，由式（B.1）计算，表征了单元的固有危险。

 （B.1）

式中：

*Q*——单元中物质的质量，单位为kg；

*Q*1——工艺条件因子，用以表征单元的类型，即工艺单元或储存单元；

*Q*2——工艺条件因子，用以表征单元的布局以及防止物质扩散到环境的措施；

*Q*3——工艺条件因子，用以表征单元中物质释放后，气相物质的量（基于单元的工艺温度、物质常压沸点、物质的相态和环境温度）；

工艺条件因子只适用于有毒物质和可燃物质，对于爆炸物质（炸药，火药等），*Q*1＝*Q*2＝*Q*3＝1，则*A*＝*Q*/*G*；

*G*——阈值，它表征了物质的危险度，由物质的物理属性和毒性、燃烧爆炸性所决定。

B.3.1 因子*Q1*，*Q2*，*Q3*

B.3.1.1 工艺条件因子*Q1*

*Q*1的取值见表B.1。

表B.1 Q1取值一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 单元类型 | *Q1* |
| 工艺单元 | 1 |
| 储存单元 | 0.1 |

B.3.1.2 工艺条件因子*Q*2

*Q*2的取值见表B.2。

表B.2 Q2取值一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 单元的布置和防护措施 | *Q2* |
| 室外单元 | 1.0 |
| 封闭式单元 | 0.1 |
| 单元有围堰，工艺温度Tp≤沸点Tbp＋5 ℃ | 1 |
| 单元有围堰，工艺温度Tp＞沸点Tbp＋5 ℃ | 0.1 |
| 注1：对于储存单元，工艺温度可视为储存温度。  注2：封闭式单元应能阻止物质泄漏时扩散到环境中。它要求封闭设施应能承受装置物质瞬时释放的物理压力，此外封闭设施应能极大地降低物质直接释放到环境中。如果封闭设施能够使释放到大气环境中的物质数量降低5倍以上，或者封闭设施能够将释放物导向安全地点，那么这样的单元可以考虑为封闭的，否则它应该作为一个室外单元。  注3：围堰应能阻止物质扩散到环境中。对于能够容纳液体，并能承受载荷的双层封闭设施，可作为围堰考虑，如双防常压罐、全防常压储罐、地下常压罐和半地下常压罐。 | |

B.3.1.3 工艺条件因子*Q*3

工艺条件因子*Q*3取值见表B.3。

表B.3 Q3取值一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 物质相态 | *Q3* |
| 物质为气态 | 10 |
| 物质为液态  ①工艺温度下饱和蒸汽压≥3×105 Pa  ②1×105 Pa≤工艺温度下饱和蒸汽压＜3×105 Pa  ③工艺温度下饱和蒸汽压＜1×105 Pa | 10  *X*＋△  *Pi*＋△ |
| 物质为固态 | 0.1 |
| 注1：表中压力为绝对压力。  注2：*X*＝45×*Psat*－3.5，*Psat* 为饱和蒸汽压（MPa），*Pi*为工艺温度下物质的蒸汽分压。  注3：△表征环境与液池之间的热传导导致的液池蒸发增量。△由常压沸点Tbp决定，△取值见表B.4。对危险物质混合物应该使用10％蒸馏温度点作为常压沸点，即在此温度下混合物的10％被蒸馏掉。  注4：对于溶解在非危险性溶剂里的危险物质，应使用工艺温度下饱和蒸汽压中的危险物质的分压。  注5：0.1≤*Q3*≤10 | |

表B.4 △取值一览表

|  |  |
| --- | --- |
| Tbp | △ |
| －25 ℃≤Tbp | 0 |
| －75 ℃≤Tbp＜－25 ℃ | 1 |
| －125 ℃≤Tbp＜－75 ℃ | 2 |
| Tbp＜－125 ℃ | 3 |

B.3.2 阈值*G*

B.3.2.1 有毒物质的阈值

有毒物质的阈值由致死浓度LC50（老鼠吸入1h半数死亡的浓度）和25 ℃下物质的相态决定，取值见表B.5。

表B.5 有毒物质阈值表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| LC50  mg/m3 | 25 ℃时物质的相态 | 阈值*G*  kg |
| LC≤100 | 气相 | 3 |
| 液相（L） | 10 |
| 液相（M） | 30 |
| 液相（H） | 100 |
| 固态 | 300 |
| 100＜LC≤500 | 气相 | 30 |
| 液相（L） | 100 |
| 液相（M） | 300 |
| 液相（H） | 1 000 |
| 固态 | 3 000 |
| 500＜LC≤2 000 | 气相 | 300 |
| 液相（L） | 1 000 |
| 液相（M） | 3 000 |
| 液相（H） | 10 000 |
| 固态 | ∞ |
| 2 000＜LC≤20 000 | 气相 | 3 000 |
| 液相（L） | 10 000 |
| 液相（M） | ∞ |
| 液相（H） | ∞ |
| 固态 | ∞ |
| LC＞20 000 | 所有相 | ∞ |
| 注1：液相（L）表示，25 ℃≤物质常压沸点＜50 ℃；  注2：液相（M）表示，50 ℃＜物质常压沸点≤100 ℃；  注3：液相（H）表示，物质常压沸点＞100 ℃。 | | |

B.3.2.2 可燃物的阈值

可燃物是指在系统中，工艺温度不小于其闪点的可燃物质。可燃物的阈值*G*＝1×104 kg。

B.3.2.3 爆炸物质的阈值

爆炸物质的阈值等于1 000 kg TNT当量的爆炸物的质量。

B.3.3 计算指示数*A*

对于单元中物质*i*的指示数*Ai*，由式（B.2）计算。

 （B.2）

式中：

*Q*i——单元中物质*i*的质量，单位为kg；

*G*i——物质*i*的阈值，单位为kg。

如果单元中出现多种物质和工艺条件，则必须对每种物质和每种工艺条件进行计算，计算时应将物质划分为可燃物、有毒物质和爆炸物质三类，分别计算可燃指示数*AF*，毒性指示数*AT*和爆炸指示数*AE*，计算公式见式（B.3）~式（B.5）。

 （B.3）

 （B.4）

 （B.5）

上式中*i*表示各类物质，*P*表示工艺条件。一个单元可能有三个不同的指示数。此外，如该物质既属于可燃物又有毒性，则应分别计算该物质的*AT*，*AF*。

B.4 计算选择数*S*

选择数*S*，由式（B.6）~式（B.8）进行计算：

有毒物质  （B.6）

可燃物质  （B.7）

爆炸物质  （B.8）

式中*L*表示计算点离单元的实际距离，单位为m，最小值为100 m。

对于每个单元，应至少在企业边界上选择8个计算点进行选择数计算。相邻两点的距离不能超过50 m。除计算企业的边界上的选择数外，对于最靠近装置的、已存在的或计划修建的社区，也应计算选择数*S*。

B.5 选择单元

如果满足下列条件之一的单元，则应进行定量风险评价：

a) 对于企业边界上某点，该单元的选择数较大，并大于该点最大选择数的50％；

b) 某单元对附近已存在或计划修建的社区的选择数大于其它单元的选择数；

c) 有毒物质单元的选择数与最大的选择数处于同一数量级。

# 附录C

# （资料性附录）

# 源项和气云扩散计算

C.1 泄漏速率计算

C.1.1 液体经管道上的孔流出

质量流率为：

 （C.1）

式中:

*Qm*——质量流率，单位为kg/s；

*A*——泄漏孔面积，单位为m2；

*C0*——液体泄漏系数；

*P*——管道内液体压力，单位为Pa；

*ρ*——泄漏液体密度，单位为kg/m3；

*P0*——环境压力，单位为Pa。

液体泄漏系数*C0* 是雷诺准数和孔直径的函数，经验数据如下：

a）对于锋利的孔和雷诺准数大于30 000时，液体泄漏系数近似取0.61。对于这种情况，液体的流出速率不依赖于裂口的尺寸；

b）对于圆滑喷嘴，液体泄漏系数可近似取1；

c）对于与容器相连的管嘴（即长度与直径之比不小于3），液体泄漏系数近似取0.81；

d）当液体泄漏系数不知道或不能确定时，取1.0使所计算的流量最大。

C.1.2 液体经储罐上的孔流出

瞬时质量流率为：

 （C.2）

式中：

*Qm*——质量流率，单位为kg/s；

*P*——储罐内液体压力，单位为Pa；

*P0*——环境压力，单位为Pa；

*C0*——液体泄漏系数；

*g*——重力加速度，9.8 m/s2；

*A*——泄漏孔面积，单位为m2；

*ρ*——液体密度，单位为kg/m3；

*hL*——泄漏孔上方液体高度，单位为m。

C.1.3 液体管道断裂

不可压缩液体在管道中流动，能量式如下：

 （C.3）

式中：

Δ*P*——管道两端压力差，单位为Pa；

*ρ*——液体密度，单位为kg/m3；

——液体平均瞬时流速，单位为m/s；

*α*——无量纲速率轮廓修正系数，其取值为：对于层流，*α*取0.5；对于湍流，*α*取1.0；对于湍流*α*→1.0；

*g*——重力加速度，单位为m/s2；

Δ*Z*——终止状态减去初始状态的高度差，单位为m；

*F*——摩擦导致的机械能损失，包括来自流经管道长度的摩擦损失，适用于诸如阀门、弯头、孔、管道的进口和出口，单位m·N/kg；

*Ws*——轴功，单位Pa·m；

*m*——质量流速，单位kg/s；

Δ函数——终止状态减去初始状态。

对于有摩擦阻力的设备，摩擦损失项形式为：

 （C.4）

式中：

*Kf* ——管道或管道配件摩擦导致的压差损失（无量纲）；

对于流经管道的液体，压差损失项*Kf* 为：

 （C.5）

式中：

——Fanning（范宁）摩擦系数，无量纲；

*L*——管道长度，单位为m；

*d*——管道内径，单位为m。

Fanning（范宁）摩擦系数是雷诺准数*RC*和管道粗糙度*ε*的函数。

表C.1给出了各种类型净管道的*ε*值。

表C.1 净管道的粗糙系数ε

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 管道材料 | *ε*/mm | 管道材料 | *ε*/mm |
| 水泥覆护钢 | 1~10 | 熟铁 | 0.046 |
| 混凝土 | 0.3~3 | 拉制钢管 | 0.0015 |
| 铸铁 | 0.26 | 玻璃 | 0 |
| 镀锌铁 | 0.15 | 塑料 | 0 |
| 型钢 | 0.046 |  |  |

对于层流，摩擦系数可按下式计算：

 （C.6）

对于湍流，可按下式求解：

 （C.7）

对于粗糙管道中发展完全的湍流，独立于雷诺准数，此时，摩擦系数可按下式计算：

 （C.8）

对于光滑管道，*ε*=0，摩擦系数可按下式计算：

 （C.9）

对于光滑管道，当雷诺准数小于10 000时，

 （C.10）

对于管道附件、阀门及其他流动障碍物，可采用改进的2-*K* 方法来计算能量损失，2-*K* 方法根据雷诺准数和管道内径定义压差损失。

 （C.11）

式中：

*Kf* ——超压位差损失（无量纲）；

*K1*——常数（无量纲），见表C.2；

*K****∞***——常数（无量纲），见表C.2；

*RC*——雷诺准数（无量纲）；

*ID*——管道内径，单位为mm。

表C.2 管道附件和阀门中损失系数的2-K常数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 附件 | 附件描述 | | |  |  |
| 弯头90o | 标准（=1），带螺纹 | | | 800 | 0.40 |
| 标准（=1），采用法兰连接/焊接 | | | 800 | 0.25 |
| 长半径（=1.5），所有类型 | | | 800 | 0.2 |
| 斜接（=1.5）：1焊缝（90o） | | | 1 000 | 1.15 |
| 2焊缝（45o） | | | 800 | 0.35 |
| 3焊缝（30o） | | | 800 | 0.30 |
| 4焊缝（22.5o） | | | 800 | 0.27 |
| 5焊缝（18o） | | | 800 | 0.25 |
| 45o | 长半径（=1），所有类型 | | | 500 | 0.20 |
| 长半径（=1.5） | | | 500 | 0.15 |
| 斜接，1焊缝（45o） | | | 500 | 0.25 |
| 斜接，2焊缝（22.5o） | | | 500 | 0.15 |
| 180o | 标准（=1），带螺纹 | | | 1 000 | 0.60 |
| 标准（=1），采用法兰连接/焊接 | | | 1 000 | 0.35 |
| 长半径（=1.5），所有类型 | | | 1 000 | 0.30 |
| 三通管 | | | | | |
| 作为弯头使用 | 标准的，带螺纹 | | 500 | | 0.70 |
| 长半径，带螺纹 | | 800 | | 0.40 |
| 标准的，采用法兰连接/焊接 | | 800 | | 0.80 |
| 短分支 | | 1 000 | | 1.00 |
| 贯通 | 带螺纹 | | 200 | | 0.10 |
| 采用法兰连接/焊接 | | 150 | | 0.50 |
| 短分支 | | 100 | | 0.00 |
| 阀门 | | | | | |
| 闸阀、球阀或旋塞阀 | | 全尺寸，β=1.0 | 300 | | 0.10 |
| 缩减尺寸，β=0.9 | 500 | | 0.15 |
| 缩减尺寸，β=0.8 | 1 000 | | 0.25 |
| 球心阀 | | 标准 | 1 500 | | 4.00 |
| 斜角或Y型 | 1 000 | | 2.00 |
| 隔膜阀 | | Dam（闸坝）类型 | 1 000 | | 2.00 |
| 蝶形阀 | |  | 800 | | 0.25 |
| 止回阀 | | 提升阀 | 2 000 | | 10.0 |
| 回转阀 | 1 500 | | 1.50 |
| 倾斜片状阀 | 1 000 | | 0.50 |

对于管道的入口和出口，可改为：

 （C.12）

对于管道进口，=160；对于一般的进口，=0.50；对于边界类型的入口，=1.0。对于管道出口，=0；=1.0。对于高雷诺数（*RC*＞10000），上式中的第一项可忽略，即；对于低雷诺数（*RC*＜50），*RC*小于50，第一项占支配地位，。

物质从管道系统中流出，质量流率的求解步骤如下：

a）假设：管道长度、直径和类型；沿管道系统的压力和高度变化；来自泵、涡轮等对液体的输入或输出功；管道上附件的数量和类型；液体的特性，包括密度和粘度。

b）指定初始点（点1）和终止点（点2）。

c）确定点1和点2处的压力和高度。确定点1处的初始液体流速。

d）推测点2处的液体流速，如果认为是完全发展的湍流，则不需要这一步。

C）用式（C.6）~式（C.10）确定管道的摩擦系数。

f）确定管道的超压位差损失（式（C.5））、附件的超压位差损失（式（C.11）、和进出口效应的超压位差损失（式（C.12））。将这些压差损失相加，使用式（C.4）计算净摩擦损失项。使用点2处的高度。

g）计算式（C.3）中的所用各项的值，并将其带入到方程中。如果式（C.3）所用项的和等于零，那么计算结束。如果不等于零，返回到第4）步重新计算。

h）使用方程确定质量流率。

如果为完全发展的湍流，则将已知项代入到式（C.3）中，将点2处的速度设为变量，直接求解该速度。

C.1.4 气体经孔泄漏

当式（C.13）成立时，气体流动属音速流动；当式（C.14）成立时，气体流动属亚音速流动。

 （C.13）

 （C.14）

式中：

*P0*——环境压力，单位为Pa；

*P*——容器内介质压力，单位为Pa；

——绝热指数，=cp/cv。

音速流动的气体泄漏质量流率为：

 （C.15）

亚音速流动的气体泄漏质量流率为：

 （C.16）

式中：

*Q*——气体泄漏质量流率，单位为kg/s；

*Cd*——气体泄漏系数，与泄漏孔形状有关，泄漏孔形状为圆形时取1.00，三角形时取0.95，长方形时取0.90；

*A*——泄漏孔面积，单位为m2；

*P*——容器内介质压力，单位为Pa；

*M*——泄漏气体或蒸气的分子量；

*Rg*——理想气体常数，单位为J /(mol·K)；

*T*——气体温度，单位为K；

*Y*——流出系数，按式（C.17）计算。

 （C.17）

C.1.5 气体管道断裂

C.1.5.1 绝热流动

对于长管或沿管程有较大压差，气体流速在大部分情况下接近声速。对于涉及塞流绝热流动的情况下，已知管长（*L*）、内径（*d*）、上游压力（*P1*）和温度（*T1*），计算质量通量*G*步骤如下：

a）由式（C.8）确定Fanning摩擦系数。假设是高雷诺数的完全发展的湍流。随后将验证这一假设，通常情况下该假设是正确的。

b）确定*Ma1*：

 （C.18）

 （C.19）

式中：

*Ma1*——马赫数；

*L*——管道长度，单位为m；

*d*——管道内径，单位为m；

*Y1*——气体膨胀系数，无量纲。

c）确定质量通量*GchokCd*：

 （C.20）

 （C.21）

 （C.22）

式中：

*GchokCd*——质量通量，单位为kg/m2·s；

*P1*——上游气体压力，单位为Pa；

*PchokC*d ——下游气体压力，单位为Pa；

*T1*——上游气体温度，单位为K；

*TchokCd*——下游气体温度，单位为K。

d）由式（C.22）确定*PchokCd*，以确认处于塞流情况。

C.1.5.2 等温流动

对于大多数典型问题，已知管长（*L*）、内径（*d*）、上游压力（*P1*）和温度（*T1*），质量通量*GchokCd*计算步骤如下：

a）由式（C.8）确定Fanning摩擦系数。假设是高雷诺数的完全发展的湍流。随后将验证这一假设，通常情况下该假设是正确的。

b）确定*Ma1*：

 （C.23）

c）确定质量通量*GchokCd*：

 （C.24）

 （C.25）

式中：

*GchokCd*——质量通量，单位为kg/(m2·s)；

*T*——上游初始温度，单位为K；

*PchokCd*——下游塞流压力，单位为Pa；

*P1*——上游压力，单位为Pa；

*Ma1*——马赫数；

——绝热指数，=cp/cv；

*Rg*——理想气体常数，单位为J /(mol·K)；

*M*——物质分子量。

绝热和等温管道方法得到的结果很接近，对于大多数实际情况，并不能很容易地确定热传递特性。因此选择绝热管道方法，计算所得的质量通量较大，适合于保守的安全设计。

C.1.6 泄漏液体蒸发量

泄漏液体的蒸发分为闪蒸蒸发、热量蒸发和质量蒸发三种，其蒸发量为这三种蒸发之和。

C.1.6.1 闪蒸蒸发

闪蒸蒸发见C.2。

C.1.6.2 热量蒸发

当液体闪蒸不完全，有一部分液体在地面形成液池，并吸收地面热量而气化称为热量蒸发。热量蒸发的蒸发速度*Q2*按下式计算：

 （C.26）

式中：

*Q2*——热量蒸发速率，单位为kg/s；

*A1*——液池面积，单位为m2；

*T0*——环境温度，单位为K；

*Tb*——液体沸点，单位为K；

*H*——液体蒸发热，单位为J/kg；

*α*——表面热扩散系数，单位为m2/s，见表C.3；

*K*——表面导热系数，单位为W/(m·K)，见表C.3；

*t*——蒸发时间，单位为s。

表C.3 某些地面的热传递（热扩散、导热）系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地面情况 | 导热系数*K* / ( W/(m·K)) | 热扩散系数*α* /(m2/s) |
| 水泥 | 1.1 | 1.29×10-7 |
| 土地（含水8%） | 0.9 | 4.3×10-7 |
| 干涸土地 | 0.3 | 2.3×10-7 |
| 湿地 | 0.6 | 3.3×10-7 |
| 沙砾地 | 2.5 | 1.1×10-6 |

C.1.6.3 质量蒸发

当热量蒸发结束，转由液池表面气流运动使液体蒸发，称之为质量蒸发。质量蒸发速度*Q3*可按下式计算：

 （C.27）

式中：

*Q3*——质量蒸发速率，单位为kg/s；

a，n——大气稳定度系数，见表C.4；

*P*——液体表面蒸气压，单位为Pa；

*R*——气体常数，单位为J/(mol·K)；

*T0*——环境温度，单位为K；

*u*——风速，单位为m/s；

*r*——液池半径，单位为m。

表C.4 液池蒸发模式参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 稳定度条件 | n | a |
| 不稳定（A，B） | 0.2 | 3.846×10-3 |
| 中性（D） | 0.25 | 4.685×10-3 |
| 稳定（C，F） | 0.3 | 5.285×10-3 |

液池最大直径取决于泄漏点附近的地域构型、泄漏的连续性或瞬时性。有围堰时，以围堰最大等效半径为液池半径；无围堰时，设定液体瞬间扩散到最小厚度时，推算液池等效半径。

C.1.6.4液体蒸发总量

 （C.28）

式中：

*Wp*——液池蒸发总量，单位为kg；

*Q1*——闪蒸蒸发速率，单位为kg/s；

*t1*——闪蒸蒸发时间，单位为s；

*Q2*——热量蒸发速率，单位为kg/s；

*t2*——热量蒸发时间，单位为s；

*Q3*——质量蒸发速率，单位为kg/s；

*t3*——从液体泄漏到液体全部处理完毕的时间，单位为s。

C.2 闪蒸

C.2.1 闪蒸带走的气体量

液体中闪蒸部分：

 （C.29）

过热液体闪蒸蒸发速率可按下式计算：

 （C.30）

式中：

*Fv*——泄漏液体的闪蒸比例；

*TT*——储存温度，单位为K；

*Tb*——泄漏液体的沸点，单位为K；

*Hv*——泄漏液体的蒸发热，单位为J/kg；

*Cp*——泄漏液体的定压热容，单位为kJ/(kg·K)；

*Q1*——过热液体闪蒸蒸发速率，单位为kg/s；

*QL*——物质泄漏速率，单位为kg/s。

C.2.2 闪蒸带走的液体量

当需要计算闪蒸带走的液体量时，可按照以下方法计算。

在液体闪蒸过程中，除了有一部分液体转变成气体外，还有一部分液体以液滴的形式悬浮在气体中，闪蒸带走的液体量的计算如下：

a）当*Fv*≤0.2时：

带到空气中的液体量：

 （C.31）

式中：

*D*——带到空气中的液体量，单位为kg/s；

地面液池内液体量：

 （C.32）

式中：

*Ds*——地面液池内液体量，单位为kg/s。

b）当*Fv*＞0.2时，液体全部带走，地面无液池形成。

C.3 泄漏物质在大气中的扩散

C.3.1 大气稳定度确定

大气稳定度通常采用Pasquill分类方法确定，大气稳定度分为A、B、C、D、E和F六类，大气稳定度的具体分类见表C.5和表C.6。

表C.5 Pasquill大气稳定度确定

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地面风速  （m/s） | 白天日照 | | | 夜间条件 | |
| 强 | 中等 | 弱 | 阴天且云层薄，或低空云量为4/8 | 天空云量为3/8 |
| ＜2 | A | A~B | B |  |  |
| 2~3 | A~B | B | C | E | F |
| 3~4 | B | B~C | C | D | E |
| 4~6 | C | C~D | D | D | D |
| ＞6 | C | D | D | D | D |

表C.6 日照强度确定

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 天空云层情况 | 60o＜日照角 | 35o＜日照角＜60o | 15o＜日照角＜35o |
| 天空云量为4/8，或高空有薄云 | 强 | 中等 | 弱 |
| 天空云量为5/8~7/8，云层高度为2134 m ~4 877 m | 中等 | 弱 | 弱 |
| 天空云量为5/8~7/8，云层高度＜2 134 m | 弱 | 弱 | 弱 |

C.3.2 Pasquill-Gifford模型扩散方程

a）Pasquill-Gifford模型扩散方程

1）位于地面高处的连续稳态源的烟羽

 （C.33）

式中：

——连续排放时，形成稳定的流场后，给定地点的污染物的浓度，单位为kg/m3；

——连续排放的物料质量流量，单位为kg/s；

*u*——风速，单位为m/s；

，——侧风向和垂直风向的扩散系数，单位为m；

*x*——下风向距离，单位为m；

*y*——侧风向距离，单位为m；

*z*——垂直风向距离，单位为m。

2）位于地面高处的瞬时点源的烟团，地面上的坐标系随烟团移动，坐标系的中心位于烟团的中心烟团中心在*x*=*ut*处，平均浓度方程为：

 （C.34）

式中：

——瞬时排放时，给定地点和时间*t*的污染物的浓度，单位为kg/m3；

——瞬时排放的物料质量，单位为kg；

，，——下风向，侧风向和垂直风向的扩散系数，单位为m。

b）Pasquill-Gifford模型扩散系数

扩散系数确定见下表C.7和C.8：

表C.7 烟羽扩散Pasquill-Gifford模型扩散系数方程（下风向距离x的单位为m）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Pasquill-Gifford 2. 稳定度等级 |  |  |
| 1. 农村条件 2. A 3. B 4. C 5. D 6. E 7. F 8. 城市条件 9. A~B 10. C 11. D 12. E~F |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

表C.8 烟团扩散Pasquill-Gifford模型扩散系数方程（下风向距离x的单位为m）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pasquill-Gifford稳定度等级 |  |  | Pasquill-Gifford稳定度等级 |  |  |
| 1. A 2. B 3. C |  |  | 1. D 2. E 3. F |  |  |

C.4 火灾和爆炸

C.4.1 池火计算

池火火焰的几何尺寸及热辐射参数按如下步骤计算。

a）计算液池直径

当危险单元为油罐或油罐区时，可根据防护堤所围池面积*S*计算液池直径*D*：

 （C.35）

式中：

*S*——液池面积，单位为m2；

*D*——液池直径，单位为m。

当危险单元为输油管道且无防护堤时，假定泄漏的液体无蒸发、并已充分蔓延、地面无渗透，则根据泄漏的液体量和地面性质，按下式可计算最大的池面积。

 （C.36）

式中：

*W*——泄漏液体的质量，单位为kg；

Hmin——最小物料层厚度，单位为m；

——液体的密度，单位为kg/m3。

最小物料层与地面性质对应关系见表C.9。

表C.9 不同性质地面物料层厚度

|  |  |
| --- | --- |
| 地面性质 | 最小物料层厚度（m） |
| 草地 | 0.020 |
| 粗糙地面 | 0.025 |
| 平整地面 | 0.010 |
| 混凝土地面 | 0.005 |
| 平静的水面 | 0.0018 |

b）确定火焰高度

计算池火焰高度的经验公式如下：

 （C.37）

式中：

*L*——火焰高度，单位为m；

*D*——池直径，单位为m；

*mf*——燃烧速率，单位为kg/（m2·s）；

*ρ0*——空气密度，单位为kg/m3；

*g*——重力加速度，单位为m/s2。

c）计算火焰表面热通量

假定能量由圆柱形火焰侧面和顶部向周围均匀辐射，用下式计算火焰表面的热通量：

 （C.38）

式中：

*q0*——火焰表面的热通量，单位为kW/m2；

*ΔHC*——燃烧热，单位为kJ/kg；

——热辐射系数，可取0.15；

——燃烧速率，单位为kg/(m2·s)；

d）目标接收到的热通量的计算

目标接收到的热通量*q(r)*的计算公式为：

 （C.39）

式中：

*q(r)*——目标接收到的热通量，单位为kW/m2；

*r*——目标到泄漏中心的水平距离，单位为m；

*V*——视角系数。

e）视角系数的计算

视角系数*V*与目标到火焰垂直轴的距离与火焰半径之比*s*和火焰高度与直径之比*h*有关。

 （C.40）

 （C.41）

 （C.42）

 （C.43）

 （C.44）

 （C.45）

 （C.46）

 （C.47）

 （C.48）

式中：

*S*——目标到火焰垂直轴的距离与火焰半径之比；

*h*——火焰高度与直径之比；

*A*、*B*、*J*、*K*、*VH*、*VV*——描述方便而引入的中间变量。

C.4.2 沸腾液体扩展为蒸气云爆炸（BLEVE）计算

采用国际劳工组织建议的沸腾液体扩展为蒸气云爆炸热辐射模型进行计算，步骤如下：

a）火球直径的计算

火球直径计算公式为：

 （C.49）

式中：

*R*——火球直径，单位为m；

*W*——火球中消耗的可燃物质量，单位为kg，对于单罐储存，取罐容量的50%，对于双罐储存，取罐容量的70%；对于多罐储存，取罐容量的90%。

b）火球持续时间的计算

火球持续时间按下式计算：

 （C.50）

式中：

*t*——火球持续时间，单位为s；

*W*——火球消耗的可燃物质量，单位为kg。

c）目标接收到热辐射通量的计算

 （C.51）

式中：

*q0*——火球表面的辐射通量，单位为W/m2；对于柱形罐取270 W/m2 ，对于球形罐取200 W/m2 ；

——目标到火球中心的平均距离，单位为m。

C.4.3 喷射火计算

C.4.3.1 垂直方向喷射火计算

垂直方向喷射火热辐射通量计算步骤如下：

a）火焰高度的计算

火焰长度按下式计算：

 （C.52）

式中：

*L*——火焰长度，单位为m；

*dj*——喷管直径，单位为m；

*CT*——燃料-空气计算化学反应中燃料的摩尔系数；

*Tf*——燃烧火焰的绝热温度，单位为K；

*Tj*——喷射流体的绝热温度，单位为K；

αT——燃料-空气计量化学反应中产生每摩尔燃烧产物所需反应物的摩尔数；

*Ma*——空气的摩尔质量，单位为g/mol；

*Mf*——燃料的摩尔质量，单位为g/mol。

对于大多数燃料而言，*CT*远小于1，αT近似等于1，*Tf*和*Tj*的比值在7到9之间。

b）目标接收到热辐射通量的计算

 （C.53）

式中：

*q*(*r*)——距离r处目标接收到的热通量，单位为kW/m2；

——大气传输率；

——热辐射系数；

——燃料的质量流速，单位为kg/s；

——燃烧热，单位为kJ/kg；

——视角因子。

大气传输率可按下式计算：

 （C.54）

式中：

——大气传输率；

*Pw*——大气中水蒸汽的分压，单位为Pa；

*Xs*——目标到火焰表面的距离，单位为m。

大气中水蒸汽分压*Pw*可按下式计算：

 （C.55）

式中：

*Pw*——大气中水蒸汽的分压，单位为Pa；

*RH*——相对湿度，%；

*Ta*——环境温度，K。

视角因子可按下式计算：

 （C.56）

式中：

*r*——目标到火焰中心的距离，单位为m。

C.4.3.2 水平方向喷射火计算

C.4.3.2.1 加压的可燃物泄漏时形成射流，如果在泄漏裂口处被点燃，则形成喷射火。假定火焰为圆锥形，并用从泄漏处到火焰长度4/5处的点源模型来表示。

C.4.3.2.2 火焰长度计算

喷射火的火焰长度可用如下方程得到：

 （C.57）

式中：

*L*——火焰长度，单位为m；

*HC*——燃烧热，单位为J/kg；

*m*——质量流速，单位为kg/s。

C.4.3.2.3 热辐射的通量计算

距离火焰点源为X(m)处接收到的热辐射通量可用下式表示：

 （C.58）

式中：

*q*——距离X处接收的热辐射的通量，单位为kw/m2；

*f*——热辐射率；

*τ*——大气传输率。

大气传输率τ按下式计算：

 （C.59）

用户也可根据实际情况选择固体火焰模型。

C.4.4 蒸气云爆炸（TNO模型）计算

C．4.4.1 TNO方法计算步骤

a）进行扩散计算，确定可燃气云的范围；

b）进行区域检查，确定拥挤的区域；

c）在被可燃气云覆盖的区域内，确定引起强烈冲击波的爆炸源，包括：

——拥挤的空间和建筑物（如工艺设备、平台和管架等）；

——平行平面之间的空间（如汽车底部与地面之间等）；

——管状结构内的空间（如隧道、桥梁及下水道系统等）；

——高压泄放喷射形成的剧烈扰动的燃料-空气。

d）通过下列步骤，估算区域内（作为爆炸源）燃料-空气混合物的燃烧能：

1）单独考虑每一个爆炸源；

2）假设位于部分受约束或受阻碍区域的燃料-空气或喷射时剧烈绕动的燃料-空气为气云中的爆炸源，对爆炸冲击波有贡献；

3）估算出现在区域内（爆炸源）的燃料-空气混合物体积。（估算是基于整个区域的大小。注意燃料-空气混合物可能没有充满整个区域，此时爆炸源内的燃料-空气混合物为实际进入该区域的体积；此外在估算受阻碍区域体积时，应减去该区域内设备所占体积。）

4）计算爆炸源的燃烧能：

 （C.60）

式中：

*E*——爆炸源内燃料-空气混合物的燃烧能，单位为J；

*V*爆炸源——爆炸源中燃料-空气混合物体积，单位为m3。

e）估计爆炸源的强度，取值范围为1~10，如：

——对气云中未受约束或未受阻碍的部分，取1；

——对喷射时强扰动的气云部分，取3；

——典型工艺单元，取7~9；

——最大爆炸源强度取10。

f）计算比拟距离：

 （C.61）

式中：

——爆炸源的Sachs比拟距离（无量纲）；

——距爆炸源中心的距离，单位为m；

*E*——爆炸源的燃烧能，单位为J；

*P0*——环境大气压，单位为Pa。

g）计算爆炸超压：

查图E.1得到Sachs比拟爆炸超压，爆炸超压的计算见下式：

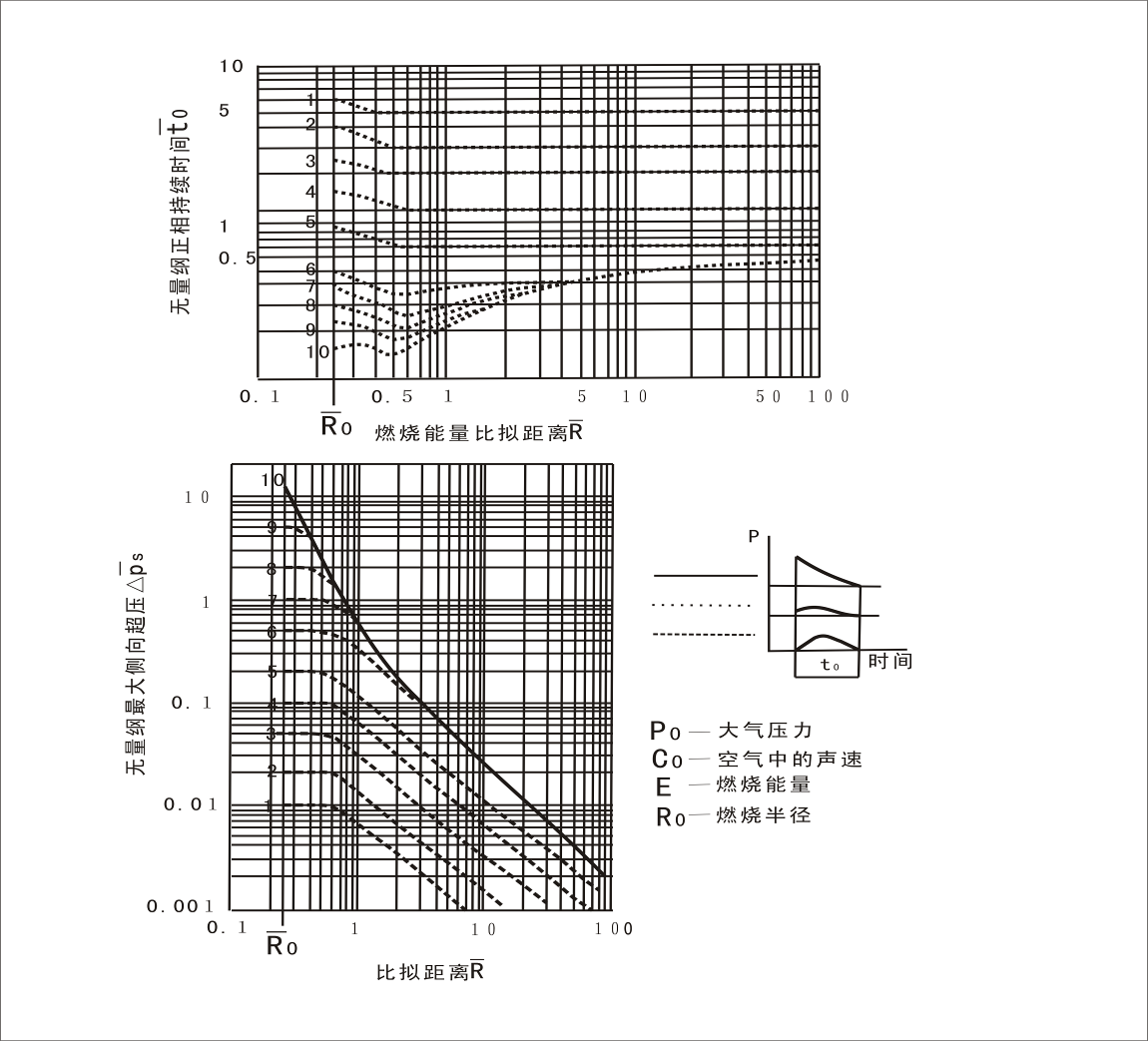
 （C.62）

式中：

*P*——爆炸超压，单位为Pa；

——Sachs比拟爆炸超压（无量纲）；

——环境大气压，单位为Pa。



图C.1 TNO模型的Sachs比拟超压

h）如果两个爆炸源的距离很近，需考虑两个爆炸源同时爆炸的影响。

C．4.4.2 爆炸源强度选择方法

a）定性方法

可采用Kinsella方法，见表C.9。

表C.9 定性判断法分析表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 点火能 | | 受阻塞程度 | | | 受约束程度 | | 强度等级 |
| 弱 | 强 | 强 | 弱 | 不存在阻塞 | 不存在约束 | 存在约束 |
|  | X | X |  |  | X |  | 7-10 |
|  | X | X |  |  |  | X | 7-10 |
| X |  | X |  |  | X |  | 5-7 |
|  | X |  | X |  | X |  | 5-7 |
|  | X |  | X |  |  | X | 4-6 |
|  | X |  |  | X | X |  | 4-6 |
| X |  | X |  |  |  | X | 4-5 |
|  | X |  |  | X |  | X | 4-5 |
| X |  |  | X |  | X |  | 3-5 |
| X |  |  | X |  |  | X | 2-3 |
| X |  |  |  | X | X |  | 1-2 |
| X |  |  |  | X |  | X | 1 |

# 附录D

# （资料性附录）

# 探测和隔离系统的判定及相应的泄漏时间

表D.1为探测和隔离系统分级指南，该表中给出的信息只在评价连续性泄漏时使用。

表D.1 探测和隔离系统的分级指南

|  |  |
| --- | --- |
| 探测系统类型 | 探测系统分级 |
| 专门设计的仪器仪表，用来探测系统的运行工况变化所造成的物质损失（即  压力损失或流量损失） | A |
| 适当定位探测器，确定物质何时会出现在承压密闭体之外 | B |
| 外观检查，照相机，远距离功能的探测器 | C |
| 隔离系统类型 | 隔离系统等级 |
| 直接在工艺仪表或探测器启动，而无需操作者干预的隔离或停机系统 | A |
| 操作者在控制室或远离泄放点的其他合适位置启动的隔离或停机系统 | B |
| 手动操作阀启动的隔离系统 | C |

通过对探测和隔离系统的分级，各孔径下的泄漏时间见表D.2。

表D.2 基于探测和隔离系统等级的泄漏时间

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 探测系统等级 | 隔离系统等级 | 泄放时间 |
| A | A | 5 mm泄漏孔径，20 min  25 mm泄漏孔径，10 min  100 mm泄漏孔径，5 min |
| A | B | 5 mm泄漏孔径，30 min  25 mm泄漏孔径，20 min  100 mm泄漏孔径，10 min |
| A | C | 5 mm泄漏孔径，40 min  25 mm泄漏孔径，30 min  100 mm泄漏孔径，20 min |
| B | A或B | 5 mm泄漏孔径，40 min  25 mm泄漏孔径，30 min  100 mm泄漏孔径，20 min |
| B | C | 5 mm泄漏孔径，60 min  25 mm泄漏孔径，30 min  100 mm泄漏孔径，20 min |
| C | A,B或C | 5 mm泄漏孔径，60 min  25 mm泄漏孔径，40 min  100 mm泄漏孔径，20 min |

# 附录E

# （资料性附录）

# 可燃物质释放事件树及点火概率

E.1 可燃物质释放事件树

E.1.1 可燃气体瞬时释放



图E.1 可燃气体瞬时释放事件树

E.1.2 可燃气体连续释放



图E.2 可燃气体连续释放事件树

E.1.3 压缩液化气体瞬时释放



图E.3 压缩液化气体瞬时释放事件树

注：对于压缩液化气体释放，云团可能发生液滴下落到（地）表面，形成液池，点火时可能发生池火。

E.1.4 压缩液化气体连续释放



图E.4 压缩液化气体连续释放事件树

E.1.5 可燃液体释放



图E.5 可燃液体释放事件树

注1：对于可燃液体释放，在到达地面前可能发生物质的蒸发。如果蒸发气中雨滴落下的比例小于1时，立即点火将形成喷射火（或BLEVE）。喷射火（或BLEVE）的物质量取决于蒸发气中的物质量。

注2：在延迟点火时，除了闪火或爆炸，也将发生池火。

E.2 立即点火的点火概率

立即点火的概率与装置类型、物质种类及泄漏（释放）有关。固定装置可燃物质泄漏后，立即点火概率见表E.1，运输设备可燃物质泄漏后立即点火概率见表E.2，物质分类见表E.3。

表E.1 固定装置可燃物质泄漏后立即点火概率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 物质分类 | 连续释放 | 瞬时释放 | 立即点火概率 |
| 类别0（中/高活性） | <10 kg/s | <1 000 kg | 0.2 |
|  | 10 kg/s ~100 kg/s | 1 000 kg~10 000 kg | 0.5 |
|  | >100 kg/s | >10 000 kg | 0.7 |
| 类别0（低活性） | <10 kg/s | <1 000 kg | 0.02 |
|  | 10 kg/s ~100 kg/s | 1 000 kg~10 000 kg | 0.04 |
|  | >100 kg/s | >10 000 kg | 0.09 |
| 类别1 | 任意速率 | 任意量 | 0.065 |
| 类别2 | 任意速率 | 任意量 | 0.01 |
| 类别3，4 | 任意速率 | 任意量 | 0 |

表E.2 企业内运输设备可燃物质泄漏后立即点火概率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 物质类别 | 运输设备 | 泄漏场景 | 立即点火概率 |
| 类别0 | 公路槽车 | 连续释放 | 0.1 |
|  | 公路槽车 | 瞬时释放 | 0.4 |
|  | 铁路槽车 | 连续释放 | 0.1 |
|  | 铁路槽车 | 瞬时释放 | 0.8 |
|  | 运输船 | 连续释放 | 0.5~0.7 |
| 类别1 | 槽车、运输船 | 连续释放、瞬时释放 | 0.065 |
| 类别2 | 槽车、运输船 | 连续释放、瞬时释放 | 0.01 |
| 类别3，4 | 槽车、运输船 | 连续释放、瞬时释放 | 0 |

表E.3 可燃物质分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 物质类别 | 燃烧性 | 条件 |
| 类别0 | 极度易燃 | 1）闪点小于0℃，沸点≤35℃的液体  2）暴露于空气中，在正常温度和压力下可以点燃的气体 |
| 类别1 | 高可燃性 | 闪点＜21℃的液体，但不是极度易燃的 |
| 类别2 | 可燃 | 21℃≤闪点≤55℃的液体 |
| 类别3 | 可燃 | 55℃＜闪点≤100℃的液体 |
| 类别4 | 可燃 | 闪点＞100℃的液体 |

注1：对于类别2，3，4 的物质，如果操作温度高于闪点，则立即点火概率按照类别1进行考虑。

注2：部分化学品的活性分类，见表E.4。

表E.4 部分化学品活性分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 低 | 中 | 高 |
| 1-氯-2，3-环氧丙烷  1，3-二氯丙烷  3-氯-1-丙烯  氨  溴甲烷  一氧化碳  氯乙烷  氯甲烷  甲烷  四乙铅 | 1-丁烷  1，2-二氨基乙烷  乙醛  乙腈  丁烷  氯乙烯  二甲胺乙烷  乙基乙酰胺  甲酸  丙烷  丙烯 | 丁三醇\*  乙炔  苯\*  二硫化碳\*  乙硫醇\*  环氧乙烷  甲酸乙酯\*  甲醛\*  甲基丙烯酸酯\*  甲酸甲酯\*  甲基环氧乙烷\*  石脑油，溶剂\*  四氢噻吩\*  乙烯基乙酸盐\* |
| 注：以\*符号表示的物质，化学品活性信息非常少，可将此物质作为高活性物质。 | | |

E.3 延迟点火的点火概率

延迟点火的点火概率应考虑点火源特性、泄漏组分以及点火源处于蒸气云团内的概率，可用如下关系式表示：

 （E.1）

式中：

——0-t时间内发生点火的概率；

——当蒸气云经过时点火源存在的概率；

——点火效率（s-1），与点火源特性有关；

——时间（s）。

点火效率可根据点火源在某一段时间内的点火概率计算得出，不同点火源在1 min内的点火概率见表E.5。

表E.5 点火源在1 min内的点火概率

|  |  |
| --- | --- |
| 点火源 | 1 min内的点火概率 |
| 点源 |  |
| 机动车辆 | 0.4 |
| 火焰 | 1.0 |
| 室外燃烧炉 | 0.9 |
| 室内燃烧炉 | 0.45 |
| 室外锅炉 | 0.45 |
| 室内锅炉 | 0.23 |
| 船 | 0.5 |
| 危化品船 | 0.3 |
| 捕鱼船 | 0.2 |
| 游艇 | 0.1 |
| 内燃机车 | 0.4 |
| 电力机车 | 0.8 |
| 线源 |  |
| 输电线路 | 0.2/100m |
| 公路 | 注1 |
| 铁路 | 注1 |
| 面源 |  |
| 化工厂 | 0.9 /座 |
| 炼油厂 | 0.9 /座 |
| 重工业区 | 0.7 /座 |
| 轻工业区 | 按人口计算 |
| 人口活动 |  |
| 居民 | 0.01 /人 |
| 工人 | 0.01 /人 |
| 注1：发生泄漏事故地点周边的公路或铁路的点火概率与平均交通密度d有关。平均交通密度d的计算公式为：  d=N×E/V……（E.2）  式中：  N——每小时通过的汽车数量，单位为h-1；  E——道路或铁路的长度，单位为km；  V——汽车平均速度，单位为km•h-1。  如果d≤1，则d的数值就是蒸气云通过时点火源存在的概率，此时  P(t)=d(1-e-ωt)……（E.3）  式中ω为单辆汽车的点火效率，单位为s-1。  如果d≥1，则d表示当蒸气云经过时的平均点火源数目；则在0-t时间内发生点火的概率为：  P(t)= 1-e-dωt……（E.4）  式中ω为单辆汽车的点火效率，单位为s-1。  注2：对某个居民区而言，0~t时间内的点火概率可由下式给出：  P(t)= 1-e-nωt……（E.5）  式中ω为每个人的点火效率，单位为s-1，n为居民区中存在的平均人数。  注3：如果其他模型中采用不随时间变化的点火概率，则该点火概率等于1 min内的点火概率。 | |

# 附录F

# （资料性附录）

# 影响阈值

F.1 ERPGs值

a）ERPG-1：空气中的最高浓度，低于该值就可以认为，几乎所有人都能暴露于其中1h，除了轻微的短暂的有害于健康的影响，或明显感觉到令人讨厌的气味，而没有其他影响。

b）ERPG-2：空气中的最高浓度，低于该值就可以认为，几乎所有人都能暴露于其中1h，不会逐步显示出不可逆或其他严重的健康影响，或者消弱他们采取防护行动的能力。

c）ERPG-3：空气中的最高浓度，低于该值就可以认为，几乎所有人都能暴露于其中1h，不会逐步显示出危及生命健康的影响。

表F.1给出应急响应计划指南。

表F.1 应急响应计划指南（ERPGs）（除非注明，所有值的单位均为10-6）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 化学物质 | ERPG-1 | ERPG-2 | ERPG-3 | 化学物质 | ERPG-1 | ERPG-2 | ERPG-3 |
| 乙醛 | 10 | 200 | 1 000 | 氰化氢 | NA | 10 | 25 |
| 丙烯醛 | 0.1 | 0.5 | 3 | 氟化氢 | 2 | 20 | 50 |
| 丙烯酸 | 2 | 50 | 750 | 硫化氢 | 0.1 | 30 | 100 |
| 丙烯腈 | NA | 35 | 75 | 异丁腈 | 10 | 50 | 200 |
| 烯丙基氯 | 3 | 40 | 300 | 2-异丙基丙烯  酸氰乙酯 | NA | 0.1 | 1 |
| 氨 | 25 | 200 | 1 000 |
| 苯 | 50 | 150 | 1 000 | 氢化锂 | 25μg/m3 | 100μg/m3 | 500μg/m3 |
| 氯苯 | 1 | 10 | 25 | 甲醇 | 200 | 1 000 | 5 000 |
| 溴 | 0.2 | 1 | 5 | 氯甲烷 | NA | 400 | 1 000 |
| 1,3-丁二烯 | 10 | 50 | 5 000 | 二氯甲烷 | 200 | 750 | 4000 |
| 丙烯酸丁酯 | 0.05 | 25 | 250 | 异氰酸甲酯 | 0.025 | 0.5 | 5 |
| 异氰酸丁酯 | 0.01 | 0.05 | 1 | 甲硫醇 | 0.005 | 25 | 100 |
| 二硫化碳 | 1 | 50 | 500 | 甲基三氯硅烷 | 0.5 | 3 | 15 |
| 四氯化碳 | 20 | 100 | 750 | 一甲胺 | 10 | 100 | 500 |
| 氯气 | 1 | 3 | 20 | 全氟异丁烯 | NA | 0.1 | 0.3 |
| 三氟化氯 | 0.1 | 1 | 10 | 苯酚 | 10 | 50 | 200 |
| 氯乙酰氯 | 0.1 | 1 | 10 | 光气 | NA | 0.2 | 1 |
| 三氯硝基甲 | NA | 0.2 | 3 | 五氧化二磷 | 5 mg/m3 | 25 mg/m3 | 100 mg/m3 |
| 氯磺酸 | 2mg/m3 | 10mg/m3 | 30mg/m3 | 环氧丙烷 | 50 mg/m3 | 250 mg/m3 | 750 mg/m3 |
| 三氟氯乙烯 | 20 | 100 | 300 | 苯乙烯 | 50 | 250 | 1 000 |
| 2-丁烯醛 | 2 | 10 | 50 | 磺酸 | 2 | 10 | 30 |
| 乙硼烷 | NA | 1 | 3 | 二氧化硫 | 0.3 | 3 | 15 |
| 双烯酮 | 1 | 5 | 50 | 四氟乙烯 | 200 | 1000 | 10 000 |
| 二甲胺 | 1 | 100 | 500 | 四氯化钛 | 5 mg/m3 | 300 mg/m3 | 1 000 mg/m3 |
| 二甲基氯硅烷 | 0.8 | 5 | 25 | 甲苯 | 50 | 300 | 1000 |
| 二甲基二硫醚 | 0.01 | 50 | 250 | 三甲胺 | 0.1 | 100 | 500 |
| 表氯醇 | 2 | 20 | 100 | 六氟化溴 | 5 mg/m3 | 15 mg/m3 | 30 mg/m3 |
| 环氧乙烷 | NA | 50 | 500 | 乙酸乙烯酯 | 5 | 75 | 500 |
| 甲醛 | 1 | 10 | 25 | 乙酸 | 5 | 35 | 250 |
| 六氯丁二烯 | 3 | 10 | 30 | 乙酸酐 | 0.5 | 15 | 100 |
| 六氟丙酮 | NA | 1 | 50 | 3-氯丙烯 | 3 | 40 | 300 |
| 六氟环丙烷 | 10 | 50 | 500 | 砷化氢 | NA | 0.5 | 1.5 |
| 氯化氢 | 3 | 20 | 100 | 苯甲酰氯 | 0.3 | 5 | 20 |
| 铍 | NA | 25 mg/m3 | 100 mg/m3 | 二氯甲醚 | ID | 0.1 | 0.5 |
| 三氟化硼 | 2 mg/m3 | 30 mg/m3 | 100 mg/m3 | 无水肼 | 0.5 | 5 | 30 |
| 乙酸丁酯 | 5 | 200 | 3000 | 盐酸 | 3 | 20 | 150 |
| 丁基异氰酸酯 | 0.01 | 0.05 | 1 | 氢氰酸 | NA | 15 | 25 |
| 一氧化碳 | 200 | 350 | 500 | 过氧化氢 | 10 | 50 | 100 |
| 二氧化氯 | NA | 0.5 | 3 | 硒化氢 | NA | 0.2 | 2 |
| 一氯二氟乙烷 | 10 000 | 15 000 | 25 000 | 氯甲酸异丙酯 | ID | 5 | 20 |
| 三氟甲烷 | NA | 50 | 5 000 | 碘 | 0.1 | 0.5 | 5 |
| 氯甲基甲醚 | NA | 1.0 | 10 | 顺丁烯二酸酐 | 0.2 | 2 | 20 |
| 硝基三氯甲烷 | 0.1 | 0.3 | 1.5 | 汞 | NA | 0.25 | 0.5 |
| 氯化氰 | NA | 0.4 | 4 | 溴甲烷 | NA | 50 | 200 |
| 1,2-二氯乙烷 | 50 | 200 | 300 | 氯甲酸甲酯 | NA | 2 | 5 |
| 2,4-二氯酚 | 0.2 | 2 | 20 | 甲基异氰酸酯 | 0.025 | 0.25 | 1.5 |
| 二聚环戊二烯 | 0.01 | 5 | 75 | 二苯甲撑二异氰酸酯 | 0.2 mg/m3 | 2 mg/m3 | 25 mg/m3 |
| 1,1-二氟乙烷 | 10 000 | 15 000 | 25 000 | 硝酸 | 1 | 6 | 78 |
| 二乙烯酮 | 1 | 5 | 20 | 二氧化氮 | 1 | 15 | 30 |
| N,N-二甲基甲酰胺 | 2 | 100 | 200 | 三氟化氮 | NA | 400 | 800 |
| 二甲硫醚 | 0.5 | 1 000 | 5 000 | 1-辛烯 | 40a | 800b | 2 000 |
| 3-氯-1,2-环氧丙烷 | 5 | 20 | 100 | 四氯乙烯 | 100 | 200 | 1 000 |
| 丙烯酸乙酯 | 0.01 | 30 | 300 | 磷化氢 | NA | 0.5 | 5 |
| 氯甲酸乙酯 | ID | 5 | 10 | 三氯化磷 | 0.5 | 3 | 15 |
| 异辛醇 | 0.1 | 100 | 200 | 四氯化硅 | 0.75 | 5 | 37 |
| 氟 | 0.5 | 5 | 20 | 氢氧化钠 | 0.5 mg/m3 | 5 mg/m3 | 50 mg/m3 |
| 氯磺酸 | 2 mg/m3 | 10 mg/m3 | 30 mg/m3 | 锑化氢 | ID | 0.5 | 1.5 |
| 呋喃甲醛 | 2 | 10 | 100 | 正硅酸乙酯 | 25 | 100 | 300 |
| 戊二醛 | 0.2 | 1 | 5 | 四氢呋喃 | 100 | 500 | 5 000 |
| 六氟-1,3-丁二烯 | 1 | 3 | 10 | 正硅酸甲酯 | NA | 10 | 20 |
| 六氟丙烯 | 10 | 50 | 500 | 氯化亚砜 | 0.2 | 2 | 10 |
| 1-己烯 | NA | 500 | 5 000 | 1,1,1-三氯乙烷 | 350 | 700 | 3 500 |
| 三氯乙烯 | 100 | 500 | 5 000 | 三氯硅烷 | 1 | 3 | 25 |
| 三甲基氯硅烷 | 3 | 20 | 150 | 氯乙烯 | 500 | 5 000 | 20 000 |
| 乙烯三氯硅烷 | 0.5 | 5 | 50 | 1,1-二氯乙烯 | ID | 500 | 1 000 |
| 八氧化三铀 | ID | 10 mg/m3 | 50 mg/m3 | 二氧化铀 | ID | 10 mg/m3 | 30 mg/m3 |
| 六氟化铀 | 5 mg/m3 | 15 mg/m3 | 30 mg/m3 | 三氧化铀 | ID | 0.5 mg/m3 | 3 mg/m3 |
| 三乙氧基硅烷 | 0.5 | 4 | 10 | 三甲氧基甲硅烷 | 0.5 | 2 | 5 |
| 甲苯-2,4(2,6-)二异氰酸酯 | 0.01 | 0.15 | 0.6 | 甲基丙烯酸异氰基乙酯 | ID | 0.1 | 1 |
| 异戊二烯 | 5 | 1 000 | 4 000 | 2,2-二氯-1,1,1-三氟乙烷 | ID | 1 000 | 10 000 |
| 二乙基苯 | 10 | 100 | 500 | 四羟基氢化钴 | ID | 0.13 | 0.42 |
| 1,1,1,2-四氟-2-氯乙烷 | 1 000 | 5 000 | 10 000 | 氯乙酰氯 | 0.05 | 5 | 10 |
| 邻氯苄叉缩丙二腈 | 0.005 mg/m3 | 0.1mg/m3 | 25 mg/m3 | 亚乙基降冰片烯 | 0.02 | 100 | 500 |
| 注1：NA表示尚未分析；ID表示数据不充分。  注2：表示25%的最低爆炸下限；b：表示10%的最低爆炸下限。  注3上述物质的ERPG数值由美国工业卫生协会2008年1月1日公布，ERPG值定期更新，宜使用最新的ERPG值。 | | | | | | | |

F.2 热辐射

表F.2 不同热辐射强度造成的伤害和损坏

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 热辐射强度  kW/m2 | 对设备的损坏 | 对人的伤害 |
| 37.5 | 操作设备损坏 | 1%死亡（10s）  100%死亡（1min） |
| 25.0 | 在无火焰，长时间辐射下木材燃烧的最小能量 | 重大烧伤（10s）  100%死亡（1min） |
| 12.5 | 有火焰时，木材燃烧及塑料熔化的最低能量 | 1度烧伤（10s）  1%死亡（1min） |
| 6.3 | — | 在8s内裸露皮肤有痛感；无热辐射屏蔽设施时，操作人员穿上防护服可停留1min |
| 4.7 | — | 暴露16s，裸露皮肤有痛感；无热辐射屏蔽设施时，操作人员穿上防护服可停留几分钟 |
| 1.58 | — | 长时间暴露无不适感 |

F.3 超压

表F.3 超压对建筑物的影响（近似值）

|  |  |
| --- | --- |
| 压力  /kPa | 影响 |
| 0.14 | 令人厌恶的噪声（137dB，或低频10~15Hz） |
| 0.21 | 已经处于疲劳状态下的大玻璃偶尔破碎 |
| 0.28 | 产生大的噪声（143 dB）、玻璃破裂 |
| 0.69 | 处于压力应变状态的小玻璃破裂 |
| 1.03 | 玻璃破裂的典型压力 |
| 2.07 | “安全距离”（低于该值，不造成严重损坏的概率为0.95）；抛射限值；屋顶出现某些破坏；10%的窗户玻璃被打碎 |
| 2.76 | 有限的较小结构破坏 |
| 3.4~6.9 | 大窗户和小窗户通常破碎；窗户框架偶尔遭到破坏 |
| 4.8 | 房屋建筑物受到较小的破坏 |
| 6.9 | 房屋部分破坏，不能居住 |
| 6.9~13.8 | 石棉板粉碎；钢板或铝板起皱，紧固失效；木板固定失效、吹落 |
| 9.0 | 钢结构的建筑物轻微变形 |
| 13.8 | 房屋的墙和屋顶局部坍塌 |
| 13.8~20.7 | 没有加固的混凝土墙毁坏 |
| 15.8 | 严重结构破坏的低限值 |
| 17.2 | 房屋砌砖50%破坏 |
| 20.7 | 工厂建筑物内的重型机械（1 362kg）轻微损坏；钢结构建筑变形，并离开基础 |
| 20.7~27.6 | 自成构架的钢面板建筑破坏；油储罐破裂 |
| 27.6 | 轻工业建筑物的覆层破裂 |
| 34.5 | 木制的支撑柱折断；建筑物内高大液压机（18 160kg）轻微破坏 |
| 34.5~48.2 | 房屋几乎完全破坏 |
| 48.2 | 装载货物的火车车厢倾翻 |
| 48.2~55.1 | 未加固的203.2~304.8 mm厚的砖板因剪切或弯曲导致失效 |
| 62.0 | 装载货物的火车货车车厢完全破坏 |
| 68.9 | 建筑物可能全部遭到破坏；重型机械工具（3 178kg）移位并严重损坏，非常重的机械工具（5 448kg）幸免 |

# 附录G

# （资料性附录）

# 死亡概率与概率值对应关系及物质毒性常数

G.1 Pd和Pr的对应关系

表G.1 Pd和Pr的对应关系

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P/ % | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 |  | 2.67 | 2.95 | 3.12 | 3.25 | 3.36 | 3.45 | 3.52 | 3.59 | 3.66 |
| 10 | 3.72 | 3.77 | 3.82 | 3.87 | 3.92 | 3.96 | 4.01 | 4.05 | 4.08 | 4.12 |
| 20 | 4.16 | 4.19 | 4.23 | 4.26 | 4.29 | 4.33 | 4.36 | 4.39 | 4.42 | 4.45 |
| 30 | 4.48 | 4.50 | 4.53 | 4.56 | 4.59 | 4.61 | 4.64 | 4.67 | 4.69 | 4.72 |
| 40 | 4.75 | 4.77 | 4.80 | 4.82 | 4.85 | 4.87 | 4.90 | 4.92 | 4.95 | 4.97 |
| 50 | 5.00 | 5.03 | 5.05 | 5.08 | 5.10 | 5.13 | 5.15 | 5.18 | 5.20 | 5.23 |
| 60 | 5.25 | 5.28 | 5.31 | 5.33 | 5.36 | 5.39 | 5.41 | 5.44 | 5.47 | 5.50 |
| 70 | 5.52 | 5.55 | 5.58 | 5.61 | 5.64 | 5.67 | 5.71 | 5.74 | 5.77 | 5.81 |
| 80 | 5.84 | 5.88 | 5.92 | 5.95 | 5.99 | 6.04 | 6.08 | 6.13 | 6.18 | 6.23 |
| 90 | 6.28 | 6.34 | 6.41 | 6.48 | 6.55 | 6.64 | 6.75 | 6.88 | 7.05 | 7.33 |
| 99 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 7.33 | 7.37 | 7.41 | 7.46 | 7.51 | 7.58 | 7.58 | 7.65 | 7.88 | 8.09 |

G.2 常用物质的毒性常数

表G.2 常用物质毒性常数a、b、n

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 物质 | *a* | *b* | *n* | 物质 | *a* | *b* | *n* |
| 丙烯醛 | -4.1 | 1 | 1 | 氟化氢 | -8.4 | 1 | 1.5 |
| 丙烯腈 | -8.6 | 1 | 1.3 | 硫化氢 | -11.5 | 1 | 1.9 |
| 烯丙醇 | -11.7 | 1 | 2 | 溴甲烷 | -7.3 | 1 | 1.1 |
| 氨 | -15.6 | 1 | 2 | 异氰酸盐钾 | -1.2 | 1 | 0.7 |
| 谷硫磷 | -4.8 | 1 | 2 | 二氧化氮 | -18.6 | 1 | 3.7 |
| 溴 | -12.4 | 1 | 2 | 对硫磷 | -6.6 | 1 | 2 |
| 二氧化碳 | -7.4 | 1 | 1 | 光气（碳酰氯） | -10.6 | 2 | 1 |
| 氯 | -6.35 | 0.5 | 2.75 | 磷胺（大灭虫） | -2.8 | 1 | 0.7 |
| 乙烯 | -6.8 | 1 | 1 | 磷化氢 | -6.8 | 1 | 2 |
| 氯化氢 | -37.3 | 3.69 | 1 | 二氧化硫 | -19.2 | 1 | 2.4 |

# 附录H

# （资料性附录）

# 某企业个人风险和社会风险计算结论示例



图H.1 某危险化学品生产、储存装置（设施）的个人风险等值线

注：图中红色个人风险等值线对应1×10-5，红线范围内不应建有一般防护目标中的三类防护目标；

图中橙色个人风险等值线对应3×10-6，黄线范围内不应建有一般防护目标中的二类防护目标；

图中黄色个人风险等值线对应3×10-7，绿线范围内不应建有一般防护目标中的一类防护目标、重要防护目标、高敏感防护目标。

防护目标分类参见《危险化学品生产、储存装置（设施）可接受风险基准》

1

10

100

1000

1E-8

1E-7

1E-6

1E-5

1E-4

1E-3

0.01

0.1

累积频率/(年/次)

死亡人数/个

图H.2 危险化学品生产、储存装置（设施）的社会风险曲线（示意图）

注：图中黑色曲线为社会风险曲线（F-N曲线）；红色直线为社会风险不可接受线，绿色直线为社会风险可接受线。