

中国石油天然气集团公司企业标准

Q/SY 1131—2007

重大危险源分级规范

Classification of major hazard installations

2007—11—01 发布

2008—01—01 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 要求 3

4.1 分级依据 3

4.2 单元危险物质评分 (M) 3

4.2.1 危险物质分类 3

4.2.2 火灾、爆炸或毒性物质评分 (F) 4

4.3 单元生产过程事故可能性评分 (P) 7

4.3.1 事故工艺因素及事故可能性评分 7

4.3.2 事故工艺因素影响系数 (ω) 15

4.4 单元安全设施系数 (E) 16

4.5 单元物量系数 (Q) 17

4.6 单元事故严重度系数 (S) 18

4.6.1 基本假设..... 18

4.6.2 危险物与伤害模型之间的对应关系..... 18

4.6.3 一个危险单元内有多种危险物并存时的处理方法..... 18

4.6.4 伤害模型..... 19

4.6.5 单元事故严重度系数 (S) 24

4.7 单元事故影响系数 (A) 24

4.7.1 单元事故对周边环境的影响系数 (A_1) 24

4.7.2 单元事故对现场人员的影响系数 (A_2) 24

4.8 重大危险源分级..... 25

附录 A (资料性附录) 可燃气体和液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例 26

附录 B (资料性附录) 大气稳定度及扩散参数的确定 27

前 言

本标准的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

本标准由中国石油天然气集团公司安全专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：天津市滨海健康安全环境评价所。

本标准主要起草人：邓元胜、王其华、董国永、吴苏江、郭喜林、雷文章、李建强、吕强、陆庆、丁建新、张海云。

重大危险源分级规范

1 范围

本标准规定了重大危险源的分级方法。

本标准适用于油气田生产企业、管道输送企业、炼油化工及销售企业有关危险物质生产、加工、使用、贮存场所的重大危险源分级。其他企业的重大危险源分级可参照执行。

本标准不适用于危险物质的运输及放射性物质的运输和贮存。

2 规范性引用文件

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

GB 5044—85 职业性接触毒物危害程度分级

GB 12268—2005 危险货物品名表 [neq 联合国《关于危险货物运输的建议书 规章范本 第 3 部分：危险货物一览表和有限数量例外》（第 13 修订版）]

GB 18218—2000 重大危险源辨识

HG 20660—2000 压力容器中介质毒性危害和爆炸危险程度分类

国家安全生产监督管理局公告 2003 年第 2 号 《剧毒化学品目录》（2002 年版）

安监管协调字 [2004] 56 号 关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见

安监管危化字 [2003] 196 号 关于印发《剧毒化学品目录（2002 年版）补充和修正表》的通知
卫法监发 [2003] 142 号 关于印发《高毒物品目录》的通知

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

危险物质 **hazardous substance**

一种物质或若干种物质的混合物，由于它的化学、物理或毒性特性，使其具有易导致火灾、爆炸或中毒的危险。

[GB 18218—2000，定义 3.1]

3.2

单元 **unit**

指一个（套）生产装置、设施或场所，或同属一个站场的且边缘距离小于 500m 的几个（套）生产装置、设施或场所。

[GB 18218—2000，定义 3.2]

3.3

临界量 **threshold quantity**

指对于某种或某类危险物质规定的数量，若单元中的物质数量等于或超过该数量，则该单元定为重大危险源。

[GB 18218—2000，定义 3.3]

3.4

重大事故 major accident

工业活动中发生的重大火灾、爆炸或毒物泄漏事故，并给现场人员或公众带来严重危害，或对财产造成重大损失，对环境造成严重污染。

[GB 18218—2000，定义 3.4]

3.5

重大危险源 major hazard installations

长期地或临时地生产、加工、搬运、使用或贮存危险物质，且危险物质的数量等于或超过临界量的单元。

[GB 18218—2000，定义 3.5]

3.6

生产场所 work site

指危险物质的生产、加工及使用等的场所，包括生产、加工及使用等过程中的中间贮罐存放区及半成品、成品的周转库房。

[GB 18218—2000，定义 3.6]

3.7

贮存区 store area

专门用于贮存危险物质的贮罐或仓库组成的相对独立的区域。

[GB 18218—2000，定义 3.7]

3.8

权重 weight of assessment indicator

衡量各物质危险性大小的数值。

3.9

固有危险 intrinsic danger

固有危险是由单元中危险物质的固有特性及其生产、使用、贮存属性和单元内外部环境状况所决定的，是不易改变的。

3.10

实际危险 actual danger

对危险物质单元综合考虑各种风险消减控制措施后的实际存在的危险。

3.11

死亡半径 death radius

死亡区的半径为死亡半径，死亡区内人员死亡概率为 50%。如果认为死亡区内没有死亡的人数正好等于死亡区外死亡的人数，则可以假设死亡区的人员将全部死亡，而死亡区外的人员将无一死亡。

3.12

池火灾 pool fire

可燃液体泄漏后流到地面形成液池，遇到火源燃烧而形成池火灾。

3.13

喷射火 jet fire

加压的可燃物质泄漏时形成射流，在泄漏口处点燃，由此形成喷射火。

3.14

蒸气云爆炸 vapor cloud explosion

易燃易爆气体泄漏后随着风向扩散，与周围空气混合成易燃易爆混合物，在扩散过程中如遇到

火源延迟点火，产生爆炸冲击波超压，发生蒸气云爆炸，简称 VCE。

3.15

沸腾液体扩展蒸气爆炸 boiling liquid expanding vapor explosion

加压的可燃液化气体突然瞬态泄漏时，如果遇到火源就会发生剧烈的燃烧，产生巨大的火球，形成强烈的热辐射，造成人员的伤亡和财产的损失，此种现象称为沸腾液体扩展蒸气爆炸，简称 BLEVE。

4 要求

4.1 分级依据

重大危险源的危险性一方面取决于事故发生的可能性，另一方面取决于事故损失严重程度。重大危险源发生事故的可能性取决于危险物质的固有性质、生产过程中可引发事故的各种工艺因素以及现场控制情况；重大危险源事故损失严重程度取决于危险物质数量、事故严重度以及事故影响。

重大危险源的危险性包括固有危险和实际危险，本标准对重大危险源的固有危险和实际危险分别进行评分，并依据评分进行分级。

重大危险源的固有危险评分应按式（1）计算：

$$W_{固} = M \cdot P \cdot Q \cdot S \cdot A \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $W_{固}$ ——重大危险源固有危险评分；
- M ——单元危险物质评分；
- P ——单元生产过程事故可能性评分；
- Q ——单元物量系数；
- S ——单元事故严重度系数；
- A ——单元事故影响系数。

当重大危险源为单存的储存单元时，其固有危险评分应修正为式（1） $\times 10$ 。

当单元中存在剧毒物质（如氰化钠等）时，其固有危险评分应修正为式（1） $\times 2$ 。

重大危险源实际危险评分应按式（2）计算：

$$W_{实} = W_{固} \cdot E \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $W_{实}$ ——重大危险源实际危险评分；
- E ——单元安全设施系数。

4.2 单元危险物质评分 (M)

单元危险物质评分应依据单元中存在危险物质的类别和种类数确定。

4.2.1 危险物质分类

单元危险物质主要指火灾、爆炸或毒性物质，可分为以下六个类别：

- a) 第 1 类：爆炸品；
- b) 第 2 类：可燃气体的；
- c) 第 3 类：液化烃、可燃液体；
- d) 第 4 类：易燃固体、易于自燃的物质、遇水放出易燃气体的物质；
- e) 第 5 类：氧化性物质和有机过氧化物；
- f) 第 6 类：毒性物质。

有些类别再分成项别，第 1 类、第 4 类、第 5 类的项别应符合 GB 12268—2005 中表 1 的规定。

按可能导致的火灾、爆炸和（或）中毒事故，把危险物质再分为两大类：

——火灾、爆炸物质；

——毒性物质。

4.2.2 火灾、爆炸或毒性物质评分 (F)

每种危险物质根据其总体危险度给出权重 α_i ，根据其所属类别和项别给出评分，物质权重与其项别评分的乘积作为该物质危险性的评分值 M_i 。

火灾、爆炸或毒性物质的危险性权重应按表 1 确定。

表 1 火灾、爆炸或毒性物质危险性权重 α

物质类别	火灾、爆炸物质								毒性物质
	爆炸品	可燃气体	液化烃、可燃液体	易燃固体	易于自燃的物质	遇水放出易燃气体的物质	氧化性物质	有机过氧化物	
权重 α	1.0	1.0	0.9	0.7	0.9	0.5	0.3	0.7	1.0

单元中存在一种火灾、爆炸或毒性物质时，危险物质评分应按式 (3) 计算：

$$M = \alpha \cdot F \dots\dots\dots (3)$$

式中：

M ——单元危险物质评分；

α ——火灾、爆炸或毒性物质危险性权重；

F ——火灾、爆炸或毒性物质评分。

当单元中存在多种火灾、爆炸或毒性物质时，单元中危险物质的基本评分应按式 (4) 计算：

$$M' = \max(\alpha_1 F_1, \alpha_2 F_2, \dots, \alpha_i F_i) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

M' ——单元危险物质基本评分；

α_i ——第 i 种火灾、爆炸或毒性物质危险性权重；

F_i ——第 i 种火灾、爆炸或毒性物质评分；

i ——单元中危险物质种类数。

单元危险物质评分 M 和单元中危险物质的基本评分 M' 满足以下关系：

- 当 $i = 2$ 时， $M = M' \times 1.1$ ；
- 当 $i = 3$ 时， $M = M' \times 1.3$ ；
- 当 $i = 4$ 时， $M = M' \times 1.5$ ；
- 当 $i \geq 5$ 时， $M = M' \times 1.8$ 。

4.2.2.1 爆炸品分项及评分

爆炸品项别及其评分应按表 2 确定。

表 2 爆炸品项别及其评分

项 别	物质性质及其说明	评分分
1.1	有整体爆炸危险的物质和物品	10
1.2	有迸射危险，但无整体爆炸危险的物质和物品	6
1.3	有燃烧危险并有局部爆炸危险或局部迸射危险或这两种危险都有，但无整体爆炸危险的物质和物品。本项包括： a) 可产生大量辐射热的物质和物品； b) 或相继燃烧产生局部爆炸或迸射效应或两种效应兼而有之的物质和物品	8

表 2（续）

项 别	物质性质及其说明	评分分
1.4	不呈现重大危险的物质和物品。本项包括运输中万一点燃或引发时仅出现小危险的物质和物品；其影响主要限于包件本身，并预计射出的碎片不大、射程也不远，外部火烧不会引起包件内全部内装物的瞬间爆炸	4
1.5	有整体爆炸危险的非常不敏感物质。本项包括有整体爆炸危险性但非常不敏感以致在正常运输条件下引发或由燃烧转为爆炸的可能性很小的物质	2
1.6	无整体爆炸危险的极端不敏感物品。本项包括仅含有极端不敏感起爆物质，并且其意外引发爆炸或传播的概率可忽略不计的物品	1

4.2.2.2 可燃气体分项及评分

可燃气体项别及其评分应按表 3 确定。

表 3 可燃气体类别及其评分

项 别	物质性质及其说明	评分分
2.1	甲类：爆炸下限<10%（体积分数）的气体	10
2.2	乙类：爆炸下限≥10%（体积分数）的气体	6

可燃气体的火灾危险性分类举例见附录 A。

4.2.2.3 液化烃、可燃液体分项及评分

液化烃、可燃液体项别及其评分应按表 4 确定。

表 4 液化烃、可燃液体类别及其评分

项 别	物质性质及其说明	评分分
3.1	甲 _A ：15℃时的蒸汽压力>0.1MPa 的烃类液体及其他类似的液体	10
3.2	甲 _B ：甲 _A 类以外，闪点<28℃	8
3.3	乙 _A ：闪点≥28℃至≤45℃	6
3.4	乙 _B ：闪点>45℃至<60℃	4
3.5	丙 _A ：闪点≥60℃至 120≤℃	2
3.6	丙 _B ：闪点>120℃	1
注：操作温度超过其闪点的乙类液体，应视为甲 _B 类液体；操作温度超过其闪点的丙类液体，应视为乙 _A 类液体；在原油储运系统中，闪点不小于 60℃且初馏点不小于 180℃的原油，宜划为丙类。		

液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例见附录 A。

4.2.2.4 易燃固体、易于自燃的物质、遇水放出易燃气体的物质分项及评分

易燃固体、易于自燃的物质、遇水放出易燃气体的物质的分项及评分应按表 5 确定。

表 5 易燃固体、易于自燃的物质和遇水放出易燃气体的物质分项及评分

项 别	物质性质及其说明	评分 分
4.1	易燃固体。本项包括： a) 容易燃烧或摩擦可能引燃或助燃的固体； b) 可能发生强烈放热反应的自反应物质； c) 不充分稀释可能发生爆炸的固态退敏爆炸品	8
4.2	易于自燃的物质。本项包括： a) 发火物质； b) 自热物质	10
4.3	遇水放出易燃气体的物质。本项包括与水相互作用易变成自燃物质或能放出危险数量的易燃气体的物质	5

4.2.2.5 氧化性物质和有机过氧化物分项及评分

氧化性物质和有机过氧化物分项及评分应按表 6 确定。

表 6 氧化性物质和有机过氧化物分项及评分

项 别	物质性质及其说明	评分 分
5.1	氧化性物质。本身不一定可燃，但通常因放出氧或起氧化反应可能引起或促使其他物质燃烧的物质	4
5.2	有机过氧化物。分子组成中含有过氧基的有机物质，该物质为热不稳定物质，可能发生放热的自加速分解。该类物质还可能具有以下一种或数种性质： a) 可能发生爆炸性分解； b) 迅速燃烧； c) 对碰撞或摩擦敏感； d) 与其他物质起危险反应； e) 损害眼睛	10

4.2.2.6 毒性物质分项及评分

毒性物质分项及评分应按表 7 确定。

表 7 毒性物质分项及评分

项 别	物质性质及其说明	评分 分
6.1	剧毒物质	10
6.2	高毒物质	8
6.3	中毒物质	6

表 7（续）

项 别	物质性质及其说明	评分 分
6.4	低毒物质	4
注：剧毒和高毒物质分类可分别参照： a) 《剧毒化学品目录》（2002 年版）、《剧毒化学品目录（2002 年版）补充和修正表》和《高毒物品目录》（2003 年版）； b) HG 20660—2000 中表 3.0.3-1 和表 3.0.3-2 的规定； c) 当某一物质在 a)、b) 中都没有明确其分类时，物质毒性危害程度分级按照 GB 5044—85 中表 1 的规定进行。		

4.3 单元生产过程事故可能性评分 (P)

4.3.1 事故工艺因素及事故可能性评分

单元生产过程事故主要分为火灾、爆炸事故和中毒事故。同一物质既具有火灾、爆炸特性又具毒性时，按二类事故分别计算可能性评分。

火灾、爆炸事故考虑放热反应、吸热反应、物料处理、操作方式、操作温度、操作压力、腐蚀、泄漏、明火、静电、作业危险度、粉尘或雾滴、低温、负压、操作浓度、设备、封闭单元或室内单元、工艺布置、摩擦冲击、高温体等工艺因素。

中毒事故考虑腐蚀、泄漏、设备布置、物料输送、介质、出料、分析等工艺因素。

单元生产过程中仅可能发生火灾、爆炸事故时，单元火灾、爆炸事故可能性的基本评分应按式 (5) 计算：

$$P_1' = \max(\omega_1 H_1, \omega_2 H_2, \cdots, \omega_j H_j) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- P_1' ——单元火灾、爆炸事故可能性的基本评分；
- ω_j ——可能引发火灾、爆炸事故的第 j 种工艺因素影响系数；
- H_j ——可能引发火灾、爆炸事故的第 j 种工艺因素评分；
- j ——可能引发火灾、爆炸事故的工艺因素种类数。

单元生产过程火灾、爆炸事故可能性评分 P_1 与单元火灾、爆炸事故可能性的基本评分 P_1' 满足以下关系：

- 当 $j = 2$ 时， $P_1 = P_1' \times 1.1$ ；
- 当 $j = 3$ 时， $P_1 = P_1' \times 1.3$ ；
- 当 $j = 4$ 时， $P_1 = P_1' \times 1.5$ ；
- 当 $5 \leq j \leq 10$ 时， $P_1 = P_1' \times 1.8$ 。

生产过程中仅可能发生中毒事故时，单元中毒事故可能性的基本评分应按式 (6) 计算：

$$P_2' = \max(\omega_1 D_1, \omega_2 D_2, \cdots, \omega_k D_k) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- P_2' ——单元中毒事故可能性的基本评分；
- ω_k ——可能引发中毒事故的第 k 种工艺因素影响系数；
- D_k ——可能引发中毒事故的第 k 种工艺因素评分；
- k ——可能引发中毒事故的工艺因素种类数。

单元生产过程中中毒事故可能性评分 P_2 与单元中毒事故可能性的基本评分 P_2' 满足以下关系：

- 当 $k = 2$ 时， $P_2 = P_2' \times 1.1$ ；
- 当 $k = 3$ 时， $P_2 = P_2' \times 1.3$ ；

——当 $k = 4$ 时， $P_2 = P_2' \times 1.5$ 。

单元生产过程中既可能发生火灾、爆炸事故，又可能发生中毒事故时，单元事故可能性评分应按式（7）计算：

$$P = P_1 + P_2 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- P ——单元生产过程事故可能性评分；
- P_1 ——单元生产过程火灾、爆炸事故可能性评分；
- P_2 ——单元生产过程中毒事故可能性评分。

4.3.1.1 火灾、爆炸事故可能性评分（H）

4.3.1.1.1 放热反应（H₁）

只有化学反应单元才对放热反应评分，放热反应因素类别及其评分应按表 8 确定。

表 8 放热反应因素评分

放热反应类别	评分 分
轻微放热反应。包括： 水合——化合物与水的反应，如用氧化物制备硫酸或磷酸等； 异构化——有机分子中原子重新排列的反应，如把直链分子变成带支链分子； 磺化——与硫酸反应，在有机化合物分子中引入磺基——SO ₃ H 的反应； 中和——酸和碱反应生成盐和水的反应，或碱和醇生成醇化物和水的反应	2
中等放热反应。包括： 烷基化——引入烷或形成各种有机化合物的反应； 酯化——酸和醇生成酯的反应 ^a ； 加成——不饱和碳氢化合物和无机酸的反应 ^b ； 氧化——物质在氧中燃烧生成 CO ₂ 和 H ₂ O 的反应，或者物质在控制条件下与氧反应生成 CO ₂ 和 H ₂ O 的反应 ^c ； 聚合——分子互相连接成链状或其他大分子的反应； 缩合——两个或两个以上有机化合物分子放出水、氯化氢等而生成一个较大分子的反应	6
剧烈放热反应：指一旦反应失控有严重火灾、爆炸危险的反应。包括： 加氢——给双键或三键结构的分子上加氢的反应； 卤化——有机化合物分子中引入卤素原子的反应	8
特别剧烈放热反应，如硝化反应，即用硝基取代化合物中氢原子的反应。 能形成爆炸物及不稳定化合物的反应，如重氮化反应及重金属的离子反应	10
^a 无机酸与醇的酯化反应评分增加到 8 分。 ^b 对于无机酸为强酸时，反应过程的危险性增加，此时放热反应评分相应增加到 7 分。 ^c 对于燃烧过程及使用氯酸盐、硝酸、次氯酸、次氯酸盐类强氧化剂时，放热反应评分增加到 8 分。	

4.3.1.1.2 吸热反应（H₂）

只有化学反应单元才对吸热反应评分，吸热反应因素类别及其评分应按表 9 确定。

表 9 吸热反应因素类别及其评分

吸热反应类别	评分 分
电解：用电流离解离子的过程	2
热解或裂解：用电加热或高温气体间接加热	6
煅烧：加热物质以除去化合水和易挥发性物质的过程	8
催化重整：利用催化剂对烃类分子结构进行重新排列的过程	
热解或裂解：在高温、高压和/或触媒存在的条件下大分子裂解的过程	10

4.3.1.1.3 物料处理 (H₃)

单元中物料处理因素类别及其评分应按表 10 确定。

表 10 物料处理因素类别及其评分

物料处理方式	评分 分
封闭体系内进行的工艺操作	4
采用人工加料或出料，且空气可随加料或出料过程进入离心机、间歇式反应器、混合器或过滤器等设备内，并能引起燃烧或发生反应的危险	6
同固体物质有关的操作：粉碎、混合、装卸、粉尘过滤、固体干燥	10

4.3.1.1.4 操作方式 (H₄)

单元中操作方式因素类别及其评分应按表 11 确定。

表 11 操作方式因素类别及其评分

操作方式类别	评分 分
单一连续反应	2
单一间歇反应，反应周期在 1h 至 1d 范围内；压烟火药；火药筛选；火药混合	6
单一间歇反应，反应周期较短（1h 以内）或较大（1d 以上）；火药切断及压伸	8
同一装置内进行多种反应或操作；炸药锯开及开孔；装起爆药；压起爆药；刮炸药、清螺扣	10

4.3.1.1.5 操作温度 (H₅)

单元中操作温度因素类别及其评分应按表 12 确定。

表 12 操作温度因素类别及其评分

操作温度因素类别	评分 分
操作温度大于熔点	2
操作温度大于闪点	6
操作温度大于沸点	8

表 12（续）

操作温度因素类别	评分 分
操作温度大于自燃点	10
注：当一种物质满足两个或以上条件时，操作温度因素评分取 10 分。 若工艺中有多种火灾、爆炸危险物质，即有多个物质熔点（或闪点、沸点、自燃点）时，则取一最低熔点（或闪点、沸点、自燃点）与操作温度相比较。	

4.3.1.1.6 操作压力（ H_6 ）

单元中操作压力因素类别及其评分应按表 13 确定。

表 13 操作压力因素类别及其评分

操作压力 p MPa	评分 分
$p < 1$	1
$1 \leq p < 20$	3
$20 \leq p < 100$	5
$100 \leq p < 300$	7
$p \geq 300$	10

4.3.1.1.7 腐蚀（ H_7 ）

单元中腐蚀因素类别及其评分应按表 14 确定。

表 14 腐蚀因素类别及其评分

腐蚀速率 v mm/年	评分 分
$v < 0.5$	2
$0.5 \leq v < 1.0$	6
$v \geq 1.0$	8
存在应力腐蚀裂纹的危险时，如在湿气和氨气存在时黄铜的应力腐蚀和在有 Cl^- 的水溶液中不锈钢的应力腐蚀等	10

4.3.1.1.8 泄漏（ H_8 ）

单元中泄漏因素类别及其评分应按表 15 确定。

表 15 泄漏因素类别及其评分

泄 漏 类 别	评分 分
对于焊接接头、已知没有问题的十字法兰盘接头、泵及伸缩管或带双重机械密封的密封性良好的阀门填料盖的轻微渗漏	2
泵、压缩机和法兰连接处有轻微一般泄漏	6

表 15（续）

泄 漏 类 别	评分 分
如果工艺单元的物料是有渗透性或磨蚀性的浆液，或者工艺单元使用转动轴封或填料函	8
单元中有玻璃视镜、波纹管或膨胀节	10
注：生产过程中若同时存在以上多种泄漏情况时，则泄漏因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.9 明火 (H_9)

单元中明火因素类别及其评分应按表 16 确定。

表 16 明火因素类别及其评分

明火因素类别	评分 分
单元内有明火炉，受热物料为不易燃物质	2
单元内有明火炉，受热物料为可燃固体	6
单元内有明火炉，受热物料为可燃液体	8
单元内有明火炉，受热物料为可燃气体	10
注：若受热物料为不同状态的混合可燃物时，则明火因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.10 静电 (H_{10})

单元中静电因素类别及其评分应按表 17 确定。

表 17 静电因素类别及其评分

静电因素类别	评分 分
可能发生气体自管道中喷出引起的静电时	4
可能发生液体在管子中流动引起的静电时	6
可能发生粉尘和粒状物质摩擦及两相流体引起的静电时	8
装置本身在绝缘物上面，或装置由绝缘物构成覆盖绝缘膜时	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能静电时，则静电因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.11 作业危险度 (H_{11})

按操作时空或设备泄漏时，物质、压力、热量释放所能导致的危害程度，把作业危险度分为四类。单元中作业危险度类别及其评分应按表 18 确定。

表 18 作业危险度因素类别及其评分

作业危险度因素类别	评分 分
无危险	1
喷料致危险	5
燃烧	8
爆炸、中毒	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则作业危险度因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.12 粉尘或雾滴 (H_{12})

单元中粉尘或雾滴因素类别及其评分应按表 19 确定。

表 19 粉尘或雾滴因素类别及其评分

粉尘或雾滴因素类别	评分 分
在惰性气体环境中进行粉尘处理，如粉尘输送、混合、粉碎等	2
由于操作失误或装置破裂可能产生粉尘或雾滴爆炸的危险，如用高压的水压油、氧化苯醚、熔融硫黄、熔融萘等	4
某些工艺或操作中，在液体着火、爆炸的温度下，装置内部使用有可能生成雾滴的方法时，如导热油传热系统水压油、矿物油、溶剂油的热油泵等	8
随时都可能产生粉尘或雾滴危险的工艺，如敞口包装	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则粉尘或雾滴因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.13 低温 (H_{13})

单元中低温因素类别及其评分应按表 20 确定。

表 20 低温因素类别及其评分

低温因素类别（普通碳钢使用温度 t ） ℃	评分 分
$0 \leq t < 10$	2
$-10 \leq t < 0$	6
$-25 \leq t < -10$	8
$t < -25$	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则低温因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.14 负压 (H_{14})

单元中负压因素类别及其评分应按表 21 确定。

表 21 负压因素类别及其评分

负压因素类别	评分 分
低于大气压或减压下进行的工艺，若空气或其他混入物有可能漏入工艺系统，与系统内存在的物质反应可能产生危险	5
存在高真空（压差在 80kPa 以上）操作的可燃性物质工艺	7
在大气压状态附近（ $\pm 3.5\text{kPa}$ ）或减压下（压差在 80kPa 内），如氢气回收系统、可燃性液体或减压蒸馏等操作工艺中，空气一旦混入系统，就会加大爆炸危险性	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则负压因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.15 操作浓度 (H_{15})

单元中操作浓度类别及其评分应按表 22 确定。

表 22 操作浓度因素类别及其评分

操作浓度因素类别	评分 分
不在爆炸极限范围内或附近的作业	1
在爆炸极限范围附近的作业	5
在爆炸极限范围内的作业	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则操作浓度因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.16 设备 (H_{16})

单元中设备因素类别及其评分应按表 23 确定。

表 23 设备因素类别及其评分

设备因素类别	评分 分
压缩机等装置操作时会使相连的装置和管路产生振动，因发生疲劳而增大危险	2
临近设备寿命周期和超过寿命周期	5
在设备负荷范围之外操作，如反应器装料量过大、机器超载及贮槽超装等	9
设备存在缺陷或采用不符合工艺条件的代用品时	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则设备因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.17 封闭单元或室内单元 (H_{17})

封闭单元或室内单元类别及其评分应按表 24 确定。

表 24 封闭单元或室内单元因素类别及其评分

封闭单元或室内单元因素类别	评分 分
在封闭单元或室内单元内，进行粉尘作业	5
在封闭单元或室内单元内，在闪点以上温度处理易燃液体	7
在封闭单元或室内单元内，在沸点以上温度处理液化石油气或任何易燃液体	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则封闭单元或室内单元因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.18 工艺布置 (H_{18})

单元工艺布置类别及其评分应按表 25 确定。

表 25 工艺布置因素类别及其评分

工艺布置因素类别	评分 分
敞开式	5
半敞开式	7
封闭式	10
注：生产过程中若同时存在以上多种可能因素时，则工艺布置因素评分取 10 分。	

4.3.1.1.19 摩擦冲击 (H_{19})

摩擦和冲击可能产生过热和火花。摩擦主要发生在轴承、滑轮、制动器、切削机械等，冲击主要指钢制工具的碰撞等。单元中摩擦冲击因素类别及其评分应按表 26 确定。

表 26 摩擦冲击因素类别及其评分

摩擦冲击因素类别（摩擦、冲击部位，W） 个	评分 分
$W\leqslant 2$	3
$2<W\leqslant 5$	8
$W>5$	10

4.3.1.1.20 高温体 (H_{20})

高温体指单元中存在未妥善处置的蒸汽管道、电热器等，高温体评分为 8 分。

4.3.1.2 中毒事故可能性评分 (D)

本项系数只针对单元中存在剧毒、高毒、中毒物质的情况。

4.3.1.2.1 腐蚀 (D_1)

腐蚀因素评分见表 14。

4.3.1.2.2 泄漏 (D_2)

泄漏因素评分见表 15。

4.3.1.2.3 设备布置 (D_3)

单元中设备布置因素类别及其评分应按表 27 确定。

表 27 设备布置因素类别及其评分

设备布置类别	评分 分
如果盛装毒性物质的贮槽、反应器等设备远离其他无毒操作岗位	2
如果盛装毒性物质的贮槽、反应器等设备毗邻其他无毒操作岗位，一旦发生泄漏，则会波及到其他岗位	6
毒性物质贮槽、反应器等设备台数为三台～五台时	8
毒性物质贮槽、反应器等设备台数为五台以上时	10
注：生产过程中若同时存在以上多种设备布置情况时，则设备布置因素评分取 10 分。	

4.3.1.2.4 物料输送 (D_4)

单元中物料输送因素类别及其评分应按表 28 确定。

表 28 物料输送因素类别及其评分

物料输送类别	评分 分
采用液下泵输送毒性物料	2
毒性、腐蚀性强的液体物料的出料管虽然是底接或侧接，但设置了双阀门，降低了泄漏的危险	6

表 28（续）

物料输送类别	评分分
毒性、腐蚀性强的液体物料的出料管如果是底接或侧接，只设置了一个阀门或未设置阀门，一旦阀门失灵或接管泄露，会造成毒物泄漏	8
采用空气、氮气等压送毒性物料（如用氮气压送光气），因压力不易控制等原因，易发生误操作	10
注：生产过程中若同时存在以上多种物料输送情况时，则物料输送因素评分取 10 分。	

4.3.1.2.5 介质 (D_5)

盛装剧毒物质的管道、容器的冷却或加热夹套中的介质，如可与剧毒物质发生剧烈反应或生成强腐蚀性助产物时，区分以下两种情况确定介质评分：

- a) 未采取任何措施时评分为 10 分；
- b) 采取了某些安全措施时评分为 6 分。

4.3.1.2.6 出料 (D_6)

单元中出料因素类别及其评分应按表 29 确定。

表 29 出料因素类别及其评分

出料因素类别	评分分
下出料但有双阀：剧毒、腐蚀性强的液体物料的出料管虽然是底接或侧接，但设置了双阀门，降低了泄漏的危险	6
下出料：剧毒、腐蚀性强的液体物料的出料管如果是底接或侧接，一旦阀门失灵或接管泄漏，会造成毒物泄漏	10
注：生产过程中若同时存在以上多种出料情况时，则出料因素评分取 10 分。	

4.3.1.2.7 分析 (D_7)

单元中分析因素类别及其评分应按表 30 确定。

表 30 分析因素类别及其评分

分析因素类别	评分分
室内有取样管：主要指有毒物质通过管道直接引进分析室进行分析或引进控制室内进行监控的情况，此时会因取样管脱落、管道破裂以及法兰泄漏等原因引起毒物外泄而导致人员中毒	8
无通风：意指毒性物质的分析室内没有设置通风橱或有效的通风设施；或者虽安装了上述装置但排风管道配置不合理，有毒气体可能倒流入室内时	10
注：生产过程中若同时存在以上多种类别时，则分析因素评分取 10 分。	

4.3.2 事故工艺因素影响系数 (ω)

每种事故工艺因素根据其引发事故的可能性大小给出其影响系数 ω ，单元中各种工艺因素的影响系数应按表 31 确定。

表 31 工艺因素类别及其影响系数

火灾爆炸事故工艺因素类别	影响系数 ω	中毒事故工艺因素类别	影响系数 ω
放热反应 H_1	0.8	腐蚀 D_1	0.7
吸热反应 H_2	0.5	泄漏 D_2	0.9
物料处理 H_3	0.4	设备布置 D_3	0.5
操作方式 H_4	0.6	物料输送 D_4	0.6
操作温度 H_5	0.7	介质 D_5	0.8
操作压力 H_6	0.5	出料 D_6	0.5
腐蚀 H_7	0.7	分析 D_7	0.7
泄漏 H_8	0.9		
明火 H_9	1.0		
静电 H_{10}	0.9		
作业危险度 H_{11}	0.7		
粉尘或雾滴 H_{12}	0.8		
低温 H_{13}	0.5		
负压 H_{14}	0.6		
操作浓度 H_{15}	0.8		
设备 H_{16}	0.5		
封闭单元或室内单元 H_{17}	0.7		
工艺布置 H_{18}	0.5		
摩擦冲击 H_{19}	0.6		
高温体 H_{20}	0.7		

4.4 单元安全设施系数（E）

在生产和储存过程中安装和使用有效的安全设施可降低事故发生的可能性。单元中安全设施系数应按表 32 确定。

表 32 安全设施类别及其系数

安全设施类别	系数 E	安全设施类别	系数 E
安全联锁装置	0.75	泄漏检测系统	0.80
远距离控制装置	0.85	应急电源	0.90
报警系统	0.85	惰性气体保护	0.85
喷淋装置	0.80	防火墙、防爆墙	0.80
冷却	0.85	消防水供应系统	0.80
抑爆装置	0.80	特殊灭火系统	0.80
紧急停车装置	0.80	喷洒灭火系统	0.80
计算机控制	0.90	水幕	0.80
操作规程/程序	0.90	泡沫灭火装置	0.80
备用泄料装置	0.85	手提式灭火器和喷水枪	0.90
排放系统	0.85	电缆防护	0.85
钢结构防火保护	0.85		

单元安全设施系数应按式（8）计算：

$$E = \prod_{i=1}^n E_i \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- E ——单元安全设施系数；
- n ——单元中所使用的安全设施种类数；
- E_i ——第 i 种安全设施系数。

若单元中未使用以上表 32 中的安全设施，则取 $E = 1$ 。

4.5 单元物量系数 (Q)

单元物量系数依据危险物质实际数量与临界量的比值 (q) 大小确定，单元不同 q 值时对应的物量系数应按表 33 确定。

表 33 单元物量系数

类 别	物 质 特 性	q		单元物量系数 Q
		生产场所	贮存区	
液化烃、可燃液体	闪点<28℃	1≤q<5	1≤q<5	1.0
		5≤q<200	5≤q<2000	1.2
		200≤q<400	2000≤q<4000	1.5
		q≥400	q≥4000	2.0
	28℃≤闪点<60℃	1≤q<2	1≤q<2	1.0
		2≤q<40	2≤q<400	1.2
		40≤q<80	400≤q<800	1.5
		q≥80	q≥800	2.0
可燃气体	爆炸下限<10％	1≤q<2	1≤q<2	1.0
		2≤q<5	2≤q<50	1.2
		5≤q<20	50≤q<200	1.5
		q≥20	q≥200	2.0
	爆炸下限≥10％	1≤q<2	1≤q<2	1.0
		2≤q<5	2≤q<25	1.2
		5≤q<10	25≤q<100	1.5
		q≥10	q≥100	2.0
毒性物质	剧毒物质	1≤q<2	1≤q<2	1.0
		2≤q<5	2≤q<30	1.2
		5≤q<10	30≤q<50	1.5
		q≥10	q≥50	2.0
	高毒物质	1≤q<2	1≤q<2	1.0
		2≤q<3.5	2≤q<5	1.2
		3.5≤q<5	5≤q<20	1.5
		q≥5	q≥20	2.0

表 33（续）

类 别	物 质 特 性	q		单元物量系数 Q
		生产场所	贮存区	
毒性物质	中毒、低毒物质	$1\leqslant q<2$	$1\leqslant q<2$	1.0
	中毒、低毒物质	$2\leqslant q<3.5$	$2\leqslant q<5$	1.2
		$3.5\leqslant q<5$	$5\leqslant q<10$	1.5
		$q\geqslant 5$	$q\geqslant 10$	2.0
其他类危险物质		$1\leqslant q<2$	$1\leqslant q<5$	1.0
		$2\leqslant q<5$	$5\leqslant q<50$	1.2
		$5\leqslant q<10$	$50\leqslant q<100$	1.5
		$q\geqslant 10$	$q\geqslant 100$	2.0
注 1：危险物质临界量参照 GB 18218 及安监管协调字〔2004〕56 号文件确定。				
注 2：当存在多种不同类物质时，分别计算实际数量与临界量的比值（q），最终取最大 q 值作为单元物量系数。				

4.6 单元事故严重度系数 (S)

以重大危险源事故发生后的死亡半径来反应其严重度。

4.6.1 基本假设

在估算事故的严重度时，采用以下假设：

- 事故的伤害或破坏效用是各向同性的，伤害和破坏区域是以单元中心为圆心、以伤害或破坏半径为圆形区域。在伤害和破坏区域内无障碍物。
- 死亡区内的人员死亡概率为 50%，死亡区的半径为死亡半径。如果认为死亡区内没有死亡的人数正好等于死亡区外死亡的人数，则可以假设死亡区的人员将全部死亡，而死亡区外的人员将无一死亡。
- 事故发生使正常生产、生活和经营受到影响，由此而引起的间接损失不考虑。

4.6.2 危险物与伤害模型之间的对应关系

危险物类别与伤害模型之间的对应关系应满足表 34。

表 34 危险物类别与伤害模型之间的对应关系

危险物类别	对 应 模 型
第一类、第五类	凝聚相含能材料爆炸伤害模型
第二类	1) 气态储存为蒸气云爆炸伤害模型； 2) 液态储存时为沸腾液体扩展蒸气爆炸伤害模型； 3) 带压气体或液化气体泄露为喷射火伤害模型
第三类	池火灾伤害模型
第四类	固体火灾伤害模型
第六类	中毒伤害及扩散模型

4.6.3 一个危险单元内有多种危险物并存时的处理方法

一个危险单元内同时存在多种危险物时，有关参数的选取应遵循以下处理方法：

- a) 如果一个危险单元内有多种火灾爆炸危险物质，但非第一类爆炸品，则分别计算每种物质发

生不同事故时的死亡半径，然后取最大值作为该单元的死亡半径，单元死亡半径 R 按式 (9) 确定：

$$R = \max(R_1, R_2, \dots, R_I) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

R ——单元死亡半径的数值，单位为米 (m)；
 R_I ——第 I 种物质发生火灾爆炸事故的死亡半径的数值，单位为米 (m)。

b) 如果一个危险单元内有多种爆炸品 (第一类)，单元总的爆炸能量应按式 (10) 计算：

$$E_Q = \sum_{I=1}^K Q_I W_I \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

E_Q ——总爆炸能量的数值，单位为焦 [耳] (J)；
 Q_I ——第 I 种爆炸物的燃烧热的数值，单位为焦 [耳] 每千克 (J/kg)；
 W_I ——第 I 种爆炸物的质量的数值，单位为千克 (kg)；
 K ——单元内爆炸品的种数。

c) 如果一个危险单元内有多种毒性物质，则分别计算每种物质导致中毒事故时的死亡半径，然后取最大值作为该单元的死亡半径。
d) 如果一个危险单元内既存在火灾爆炸危险物，又存在毒性物质，则人员死亡半径按火灾爆炸事故和中毒事故中的较大值确定。

注：一个危险单元发生的事故可能波及其他单元，这会导致事故规模扩大。本方法对危险单元间的相互作用不予考虑，简单而有效的处理是将可能互相影响的若干单元视作一个大单元。

4.6.4 伤害模型

4.6.4.1 凝聚相含能材料爆炸的伤害模型

凝聚相含能材料爆炸能产生多种破坏效应，如热辐射、一次破片作用、有毒气体产物的致命效应等，但最危险、破坏力最强、破坏区域最大的是冲击波的破坏效应。

爆炸的伤害区域即为人员的伤害区域。根据人员因爆炸而伤亡概率的不同，将爆炸危险源周围由里向外依次划分死亡区、重伤区、轻伤区和安全区。

死亡区内的人员如缺少防护，则被认为将无例外地蒙受严重伤害或死亡，其内径为零，外径 (死亡半径) 记为 R ，应按式 (11) 计算：

$$R = 13.6(W_{TNT}/1000)^{0.37} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

R ——死亡半径的数值，单位为米 (m)；
 W_{TNT} ——爆源的 TNT 当量的数值，单位为千克 (kg)。
爆源的 TNT 当量 W_{TNT} 应按式 (12) 计算：

$$W_{TNT} = E_Q/Q_{TNT} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

E_Q ——总爆炸能量的数值，单位为千焦 (kJ)，按式 (10) 计算；
 Q_{TNT} ——TNT 的爆热的数值，单位为千焦每千克 (kJ/kg)，取 4520。

4.6.4.2 蒸气云爆炸的伤害模型

采用 TNT 当量法估计蒸气云爆炸的严重度。其原理是：假定一定百分比的蒸气云参与了爆炸，对形成冲击波有实际贡献，并以 TNT 当量来表示蒸气云爆炸的威力。估计蒸气云爆炸的 TNT 当量 W_{TNT} 应按式 (13) 计算：

$$W_{TNT} = \beta W_f Q_f / Q_{TNT} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

W_{TNT} ——爆源（蒸气云）的 TNT 当量的数值，单位为千克（kg）；
 β ——蒸气云的 TNT 当量系数，取 0.04；
 W_f ——蒸气云中可燃气体的总质量的数值，单位为千克（kg）；
 Q_f ——燃料的燃烧热的数值，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
 Q_{TNT} ——TNT 的爆热，取 4520kJ/kg。

对于储存场所，取值如下：
——单罐储存， W_f 取罐容量的 50%；
——双罐储存， W_f 取最大罐容量的 70%；
——多罐储存， W_f 取最大罐容量的 90%。

对于生产场所含有储存区（装置 500m 范围内有罐区）时， W_f 取值同储存场所；对于单存生产场所， W_f 取工艺单元中的物料量。

对于可能发生于地面的蒸气云爆炸（气体密度比空气重，可燃气体在地面大量积聚），式（13）应乘以地面爆炸系数 1.8。

已知蒸气云爆炸的 TNT 当量 W_{TNT} ，应按式（11）计算蒸气云爆炸死亡半径。

4.6.4.3 沸腾液体扩展蒸气爆炸伤害模型

沸腾液体扩展蒸气爆炸的主要危害是火球产生的强烈热辐射伤害，热辐射对人员的影响与热辐射强度、持续时间等有关，预测热辐射的影响应按式（14）计算：

$$P_r = -36.38 + 2.56\ln(tq_r^{3/4}) \dots\dots\dots (14)$$

式中：

P_r ——人员伤害几率，计算死亡热辐射通量时取 $P_r = 5$ ；
 t ——火球持续时间的数值，单位为秒（s）；
 q_r ——目标接受到的热辐射通量的数值，单位为瓦〔特〕每平方米（W/m²）。
火球半径和可燃物质量的立方根成正比，火球半径应按式（15）计算：

$$r = 2.9W_L^{1/3} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

r ——火球半径的数值，单位为米（m）；
 W_L ——火球中消耗的可燃物质量的数值，单位为千克（kg）。

对于储存场所：单罐储存， W_L 取罐容量的 50%；双罐储存， W_L 取最大罐容量的 70%；对多罐储存， W_L 取最大罐容量的 90%。

对于生产场所含有储存区（装置 500m 范围内有罐区）时， W_L 取值同储存场所；对于单存生产场所， W_L 取工艺单元中的物料量。

火球的持续时间和可燃物质量 W_L 的立方根成正比。火球持续时间 t 应按式（16）计算：

$$t = 0.45W_L^{1/3} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

t ——火球持续时间的数值，单位为秒（s）；
 W_L ——火球中消耗的可燃物质量的数值，单位为千克（kg）。
目标接受到的热辐射通量 q_r （ $R > r$ ）应按式（17）计算：

$$q_r = q_0r^2R(1 - 0.058\ln r)/(R^2 + r^2)^{3/2} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

q_r ——目标接受到的热辐射通量的数值，单位为瓦〔特〕每平方米（W/m²）；
 q_0 ——火球表面的热辐射通量的数值，单位为瓦〔特〕每平方米（W/m²），对柱形罐取 270000W/m²，对球形罐取 200000W/m²；若一种物质同时存储在柱形罐和球形罐中，则 q_0 取 270000W/m²；对于生产场所 q_0 取 270000W/m²；

r ——火球半径的数值，单位为米（m）；
 R ——死亡半径的数值，单位为米（m）。

4.6.4.4 喷射火伤害模型

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。

喷射火的火焰长度按式（18）计算：

$$L = \frac{(H_c m_v)^{0.444}}{161.66} \dots\dots\dots (18)$$

式中：

L ——火焰长度的数值，单位为米（m）；
 H_c ——泄露可燃物燃烧热的数值，单位为焦〔耳〕每千克（J/kg）；
 m_v ——质量流速的数值，单位为千克每秒（kg/s）。

距离火焰点源为 R 处接收到的热辐射通量按式（19）计算：

$$q = \frac{f H_c m \tau}{4 \pi R^2 \times 1000} \dots\dots\dots (19)$$

式中：

q ——距离 R 处接收的热辐射通量的数值，单位为瓦〔特〕每平方米（W/m²）；
 f ——热辐射率，
 R ——死亡半径的数值，单位为米（m）；
 τ ——大气传输率。
大气传输率 τ 按式（20）计算：

$$\tau = 1 - 0.0565 \ln R \dots\dots\dots (20)$$

式中：

R ——死亡半径的数值，单位为米（m）。

根据死亡热通量（取 $q = 37.5 \text{ kW/m}^2$ ），即可反推计算出此时距离火焰点源的距离 R （死亡半径）。

4.6.4.5 池火灾伤害模型

根据泄漏的液体量和地面性质，按式（21）可计算最大可能的液池面积。

$$S = W_x / (H_{\min} \cdot \rho) \dots\dots\dots (21)$$

式中：

S ——液池面积的数值，单位为平方米（m²）；
 W_x ——泄漏液体质量的数值，单位为千克（kg）；
 ρ ——液体密度的数值，单位为千克每立方米（kg/m³）；
 $H_{\min}$ ——最小物料层厚度的数值，单位为米（m）。
最小物料层厚度与地面性质的对应关系见表 35。

表 35 不同性质地面物料层厚度表

地 面 性 质	最小物料层厚度 m
草地	0.0200
粗糙地面	0.0250
平整地面	0.0100
混凝土地面	0.0050
平静的水面	0.0018

当危险单元为罐区或单个储罐时，防护堤所围面积即为液池面积 S 。

火焰直径按式（22）计算：

$$d = (4S/\pi)^{1/2} \dots\dots\dots (22)$$

式中：

d ——火焰直径的数值，单位为米（m）；

S ——液池面积的数值，单位为平方米（m²）。

池火灾火焰高度 h 应按式（23）计算：

$$h = 42d[m_f/\rho_0(gd)^{1/2}]^{0.6} \dots\dots\dots (23)$$

式中：

h ——火焰高度的数值，单位为米（m）；

d ——火焰直径的数值，单位为米（m）；

m_f ——液体燃烧速度的数值，单位为千克每平方米秒 [kg/（m²·s）]；

ρ_0 ——空气密度的数值，单位为千克每立方米（kg/m³）；

g ——重力加速度的数值，单位为米每二次方秒（m/s²），取 9.8；

当液池燃烧时，池火灾表面总的热辐射通量 $Q_{池}$ 应按式（24）计算：

$$Q_{池} = (S + \pi dh)m_f \cdot \eta \cdot H_c / (72m_f^{0.61} + 1) \dots\dots\dots (24)$$

式中：

$Q_{池}$ ——池火灾总热辐射通量的数值，单位为瓦 [特] 每平方米（W/m²）；

S ——液池面积的数值，单位为平方米（m²）；

d ——火焰直径的数值，单位为米（m）；

h ——火焰高度的数值，单位为米（m）；

m_f ——液体燃烧速度的数值，单位为千克每平方米秒 [kg/（m²·s）]；

η ——效率因子，取为 0.15；

H_c ——液体燃烧热的数值，单位为焦 [耳] 每千克（J/kg）。

假设全部辐射热量由液池中心点的小球面辐射出来，则在距液池中心某一距离（ R ）处的入射辐射强度按式（25）计算：

$$I = \frac{Q_{池} \cdot t_c}{4\pi R^2} \dots\dots\dots (25)$$

式中：

I ——入射热辐射铜梁的数值，单位为瓦 [特] 每平方米（W/m²）；

$Q_{池}$ ——池火灾总热辐射通量的数值，单位为瓦 [特] 每平方米（W/m²）；

t_c ——热传导系数，取值为 1；

R ——死亡半径的数值，单位为米（m）。

根据死亡热通量（取 $I = 37.5\text{kW/m}^2$ ），即可反推计算出死亡半径 R （目标点距离液池中心的距离）。

4.6.4.6 固体火灾伤害模型

固体火灾的热辐射参数按点源模型估计。此模型认为，火焰辐射出的能量为燃烧热的一部分，并且辐射强度与目标至火源距离的平方成反比。固体火灾热辐射死亡半径 R 应按式（27）计算：

$$Q_r = f_c \cdot m_c \cdot h_c / (4\pi R^2) \dots\dots\dots (26)$$

$$R = [f_c \cdot m_c \cdot h_c / (4\pi Q_r)]^{1/2} \dots\dots\dots (27)$$

式中：

Q_r ——固体火灾热辐射通量的数值，单位为瓦 [特] 每平方米（W/m²），取值为 6500；

f_c ——热辐射系数，取值为 0.25；

m_c ——固体燃烧速率的数值，单位为千克每秒 (kg/s)；

h_c ——固体燃烧热的数值，单位为焦 [耳] 每千克 (J/kg)；

R ——死亡半径，单位为米 (m)。

4.6.4.7 中毒伤害模型

4.6.4.7.1 有毒液化气体毒害模型

毒物泄漏伤害严重程度与毒物泄漏量以及环境大气参数（温度、湿度、风向、风力、大气稳定度等）都有密切关系。本标准仅对有毒液化气体容器破裂时的毒害区进行估算。

液化介质在容器破裂时会发生蒸气爆炸。当液化介质为毒性物质，如液氯、液氨、二氧化硫、氢氰酸等，爆炸后若不燃烧，会造成大面积的毒害区域。

液化介质泄漏后蒸发蒸气的体积 V_g 应按式 (28) 计算：

$$V_g = 22.4W_g C_L (T_L - T_0) \times (273 + T_0) / 273M_L q_L \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中：

V_g ——有毒液化介质蒸发蒸气的体积的数值，单位为立方米 (m^3)；

W_g ——有毒液化介质质量的数值，单位为千克 (kg)；

C_L ——液体介质比热的数值，单位为千焦每千克摄氏度 [$kJ/(kg \cdot ^\circ C)$]；

T_L ——容器破裂前容器内介质温度的数值，单位为摄氏度 ($^\circ C$)；

T_0 ——有毒液化介质标准沸点的数值，单位为摄氏度 ($^\circ C$)；

M_L ——有毒液化介质相对分子质量；

q_L ——有毒液化介质的气化热的数值，单位为千焦每千克 (kJ/kg)；

假设这些有毒空气以半球形向地面扩散，则该有毒气体扩散后的死亡半径应按式 (29) 计算：

$$R = (V_g / 2.0943N)^{1/3} \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中：

R ——死亡半径的数值，单位为米 (m)；

V_g ——有毒液化介质蒸发蒸气的体积的数值，单位为立方米 (m^3)；

N ——有毒介质在空气中危险浓度值，%（体积分数），取吸入 5min~10min 致死的浓度。

4.6.4.7.2 有毒有害物质在大气中的扩散

有毒有害物质在大气中的扩散，采用烟团模式或分段烟羽模式等模型计算。

a) 烟团模式：在事故后果评价中采用烟团公式 [见式 (30)] 计算：

$$C(x, y, 0) = \frac{Q_0}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right] \exp\left[-\frac{z_0^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad \dots\dots (30)$$

式中：

$C(x, y, 0)$ ——下风向地面 (x, y) 坐标处的空气中污染物浓度的数值，单位为毫克每立方米 (mg/m^3)；

x_0, y_0, z_0 ——烟团中心坐标；

Q_0 ——有毒有害物质排放量的数值，单位为毫克 (mg)；

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ——为 X, Y, Z 方向扩散参数的数值，单位为米 (m)，常取 $\sigma_x = \sigma_y$ 。

扩散参数的取值见附录 B。

b) 分段烟羽模式：当有毒有害物质排放持续时间较长时（几小时至几天），按高斯烟羽公式 [见式 (31)] 计算：

$$C = \frac{Q_y}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y_r^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h - z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h + z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad \dots (31)$$

式中：

C ——位于 S ($0, 0, Z_s$) 的点源在接受点 r (x_r, y_r, z_r) 产生的浓度的数值，单位为毫克每立

方米 (mg/m³)。

短期扩散因子 (C/Q_Δ) 按式 (32) 计算：

$$(C/Q_{\Delta}) = \frac{1}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y_r^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h - z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h + z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \dots\dots\dots (32)$$
$$Q_{\Delta} = q_0 \Delta t$$

式中：

- Q_Δ——有毒有害物质持续排放量的数值，单位为毫克（mg）；
- q₀——有毒有害物质释放率，单位为毫克每秒（mg/s）；
- Δt——有毒有害物质泄漏时段，单位为（s）；
- Δh——烟羽抬升高度数值，单位为米（m）；
- σ_y，σ_z——下风距离 x_r（m）处的水平风向扩散参数和垂直方向扩散参数的数值，单位为米（m）。烟羽抬升高度按式 (33) 近似计算：

$$\Delta h = 2.4 v_s d_s / v \dots\dots\dots (33)$$

式中：

- v_s——气云出口速度的数值，单位为米每秒（m/s）；
- d_s——出口直径的数值，单位为米（m）；
- v——环境风速的数值，单位为米每秒（m/s）。

根据在下风向某距离 R 处的有毒物质致死浓度，即可计算出死亡半径（R）。

4.6.5 单元事故严重度系数 (S)

事故严重度系数依据死亡半径 R 的大小进行确定。单元事故严重度系数 S 应按表 36 确定。

表 36 单元事故严重度系数 S

死亡半径 R m	事故严重度系数 S
R<50	1.5
50≤R<100	2.0
100≤R<200	3.0
R≥200	5.0

4.7 单元事故影响系数 (A)

单元事故影响系数 A 应按式 (34) 计算：

$$A = A_1 \cdot A_2 \dots\dots\dots (34)$$

式中：

- A——单元事故影响系数；
- A₁——单元事故对周边环境的影响系数；
- A₂——单元事故对现场人员的影响系数。

4.7.1 单元事故对周边环境的影响系数 (A₁)

单元事故对不同外界周边环境情况时的影响系数应按表 37 确定。

4.7.2 单元事故对现场人员的影响系数 (A₂)

单元事故对现场不同人员情况时的影响系数应按表 38 确定。

表 37 单元事故对周边环境的影响系数

外界周边环境情况		系 数
一级地区：周边 200m 范围内居住户数在 15 户或以下的区段	荒漠、山野、田园地区	1.0
二级地区：周边 200m 范围内居住户数在 15 户以上 100 户以下的区段	毗邻基本农田保护区、畜牧区、渔业水域和种子、种畜、水产苗种生产基地	1.5
三级地区：周边 200m 范围内居住户数 100 户或以上的区段，包括市郊居住区、商业区、工业区、发展区以及不够四级地区条件的人口稠密区	毗邻风景名胜区、自然保护区、军事禁区、军事管理区及法律、行政法规规定予以保护的其他区域	2.5
四级地区：周边 200m 范围内四层及四层以上楼房普遍集中、交通频繁的区段	毗邻江、河、湖、海、供水水源、水厂及水源保护区	5

表 38 现场人员对单元事故的影响系数

现场人员情况	系 数
单元或周围 50m 范围内有 1 人~2 人	1.0
单元或周围 50m 范围内有 3 人~9 人	1.5
单元或周围 50m 范围内有 10 人~29 人	2.5
单元或周围 50m 范围内有 30 人及以上	5
单元及周围 50m 范围内无人	0.7

4.8 重大危险源分级

以重大危险源的实际危险评分值 $W_{实}$ 作为分级依据，把重大危险源划分为四级。重大危险源的分级应按表 39 确定。

表 39 重大危险源分级

重大危险源的实际危险评分值 $W_{实}$	重大危险源级别
$W_{实} \geq 15000$	一级
$7000 \leq W_{实} < 15000$	二级
$2000 \leq W_{实} < 7000$	三级
$W_{实} < 2000$	四级

附 录 A
(资料性附录)
可燃气体和液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例

可燃气体的火灾危险性分类举例见表 A. 1。

表 A. 1 可燃气体的火灾危险性分类举例

类 别	名 称
甲	乙炔，环氧乙烷，氢气，合成气，硫化氢，乙烯，氰化氢，丙烯，丁烯，丁二烯，顺丁烯，反丁烯，甲烷，乙烷，丙烷，丁烷，丙二烯，环丙烷，甲胺，环丁烷，甲醛，甲醚，氯甲烷，氯乙烯，异丁烷，天然气
乙	一氧化碳，氨，溴甲烷，氨气

液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例见表 A. 2。

表 A. 2 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例

类 别	名 称
甲	A 液化甲烷，液化天然气，液化氯甲烷，液化顺式－2 丁烯，液化乙烯，液化乙烷，液化反式－2 丁烯，液化环丙烷，液化丙烯，液化丙烷，液化环丁烷，液化新戊烷，液化丁烯，液化丁烷，液化氯乙烯，液化环氧乙烷，液化丁二烯，液化异丁烷，液化石油气，二甲胺，天然气凝液，未稳定凝析油，液化天然气
	B 异戊二烯，异戊烷，汽油，戊烷，二硫化碳，异己烷，己烷，石油醚，异庚烷，环己烷，辛烷，异辛烷，苯，庚烷，石脑油，原油，甲苯，乙苯，邻二甲苯，间、对二甲苯，异丁醇，乙醚，乙醛，环氧丙烷，甲酸甲酯，乙胺，二乙胺，丙酮，丁醛，二氯甲烷，三乙胺，醋酸乙烯，甲乙酮，丙烯腈，醋酸乙酯，醋酸异丙酯、二氯乙烯、甲醇、异丙醇、乙醇、醋酸丙酯、丙醇、醋酸异丁酯，甲酸丁酯，吡啶，二氧乙烷，醋酸丁酯，醋酸异戊酯，甲酸戊酯，丙烯酸甲酯，原油，稳定轻烃，稳定凝析油
乙	A 丙苯，环氧氯丙烷，苯乙烯，喷气燃料，煤油，丁醇，氯苯，乙二胺，戊醇，环己酮，冰醋酸，异戊醇，原油，煤油
	B 轻柴油，环戊烷，硅酸乙酯，氯乙醇，丁醇，氯丙醇，二甲基甲酰胺，原油
丙	A 重柴油，苯胺，锭子油，酚，甲酚，糠醛，20 号重油，苯甲醛，环己醇，甲基丙烯酸，甲酸，环己醇，乙二醇丁醚，甲醛，糖醇，辛醇，单乙醇胺，丙二醇，乙二醇，二甲基乙酰胺，原油，乙醇胺
	B 蜡油，100 号重油，渣油，变压器油，润滑油，二乙二醇醚，三乙二醇醚，邻苯二甲酸二丁酯，甘油，联苯－联苯醚混合物，原油，二甘醇，三甘醇

注：石油产品的火灾危险性分类应以产品标准中确定的闪点指标为依据。经过技术经济论证，有些炼厂生产的轻柴油闪点若大于或等于 60℃，这种轻柴油在储运过程中的火灾危险性可视为丙类。闪点小于 60℃并且大于或等于 55℃的轻柴油，如果储运设施的操作温度不超过 40℃，其火灾危险性可视为丙类。

附 录 B
(资料性附录)
大气稳定度及扩散参数的确定

B.1 大气稳定度的确定

根据辐射情况（可由云量、云状和日照情况估计）和地面风速（自地面算起 10m 高空处 10min 的平均风速），将大气的扩散稀释能力划分为 A~F 六个稳定度级别：A——极不稳定，B——不稳定，C——弱不稳定，D——中性，E——较稳定，F——稳定。稳定度级别按表 B.1 确定。

表 B.1 大气稳定度的确定

地面风速 m/s	白天太阳辐射			阴天的白天 或夜晚	夜间云量	
	强	中	弱		薄云遮天或低空 云量>5/10	云量<4/10
≤1.9	A	A~B	B	D	E	F
2~2.9	A~B	B	C	D	E	F
3~4.9	B	B~C	C	D	D	E
5~5.9	C	C~D	D	D	D	D
≥6	C	D	D	D	D	D
注：云量（全天空十分制）指当地天空的云层覆盖率。						

B.2 扩散参数 σ_y , σ_z 的确定

B.2.1 有风时（地面风速≥1.5m/s）

B.2.1.1 平原地区农村及城市远郊区扩散参数的选取

A，B，C 级稳定度直接由表 B.2 和表 B.3 查算，D，E，F 级稳定度则需向不稳定方向提半级后由表 B.3 和表 B.4 查算。

表 B.2 横向扩散参数幂函数表达式数据

扩 散 参 数	稳定度等级	横向扩散参数 回归指数 α_1	横向扩散参数 回归系数 γ_1	下风向距离 X m
$\sigma_y = \gamma_1 X^{\alpha_1}$	A	0.9010740 0.8509340	0.4258090 0.6020520	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$
	B	0.9143700 0.8650140	0.2818460 0.3963530	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$
	B~C	0.9193250 0.8750860	0.2295000 0.3142380	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$
	C	0.9242790 0.8851570	0.1771540 0.2321230	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$

表 B.2（续）

扩 散 参 数	稳定度等级	横向扩散参数 回归指数 α_1	横向扩散参数 回归系数 γ_1	下风向距离 X m
$\sigma_y = \gamma_1 X^{\alpha_1}$	C~D	0. 9268490 0. 8869400	0. 1439400 0. 1893960	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$
	D	0. 9294810 0. 8887230	0. 1107260 0. 1466690	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$
	D~E	0. 9251180 0. 8927940	0. 0985631 0. 1243080	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$
	E	0. 9208180 0. 8968640	0. 0860010 0. 1243080	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$
	F	0. 9294810 0. 8887230	0. 0553634 0. 0733480	$0 < X \leq 1000$ $X > 1000$

表 B.3 垂直扩散参数幂函数表达式数据

扩 散 参 数	稳定度等级	垂直扩散参数 回归指数 α_2	垂直扩散参数 回归系数 γ_2	下风向距离 X m
$\sigma_z = \gamma_2 X^{\alpha_2}$	A	1. 121540000 1. 526000000 2. 108810000	0. 079990400 0. 008547710 0. 000211545	$0 < X \leq 300$ $300 < X \leq 500$ $X > 500$
	B	0. 941015000 1. 093560000	0. 127190000 0. 057025100	$0 < X \leq 500$ $X > 500$
	B~C	0. 941015000 1. 007700000	0. 114682000 0. 075718200	$0 < X \leq 500$ $X > 500$
	C	0. 917595000	0. 106803000	0
	C~D	0. 838628000 0. 756410000 0. 815575000	0. 126152000 0. 235667000 0. 136659000	$0 < X \leq 2000$ $2000 < X \leq 10000$ $X > 10000$
	D	0. 826212000 0. 632023000 0. 555360000	0. 104634000 0. 400167000 0. 810763000	$1 < X \leq 1000$ $1000 < X \leq 10000$ $X > 10000$
	D~E	0. 776864000 0. 572347000 0. 499149000	0. 104634000 0. 400167000 1. 038100000	$0 < X \leq 2000$ $2000 < X \leq 10000$ $X > 10000$
	E	0. 788370000 0. 565188000 0. 414743000	0. 092752900 0. 433384000 1. 732410000	$0 < X \leq 1000$ $1000 < X \leq 10000$ $X > 10000$
	F	0. 784400000 0. 525969000 0. 322659000	0. 062076500 0. 370015000 2. 406910000	$0 < X \leq 1000$ $1000 < X \leq 10000$ $X > 10000$

B.2.1.2 工业区或城区中的点源

A，B级不提级，C级提到B级，D，E，F级向不稳定方向提一级，再按表B.2和表B.3查算。

B.2.1.3 丘陵山区的农村或城市扩散参数的选取

其扩散参数选取方法同工业区。

B.2.2 小风（0.5m/s≤地面风速<1.5m/s）和静风（地面风速<0.5m/s）时

小风（0.5m/s≤地面风速<1.5m/s）和静风（地面风速<0.5m/s）时，扩散参数 $\sigma_x = \sigma_y = \gamma_{01} T$ ， $\sigma_z = \gamma_{02} T$ ， T 为扩散时间（s）； γ_{01} ， γ_{02} 分别是小风和静风状态时横向和垂直方向扩散参数的回归系数，按表B.4选取。

表 B.4 小风和静风时扩散参数的系数 γ_{01} ， γ_{02}

稳 定 度	γ_{01}		γ_{02}	
	静 风	小 风	静 风	小 风
A	0.93	0.76	1.57	1.57
B	0.76	0.56	0.47	0.47
C	0.55	0.35	0.21	0.21
D	0.47	0.27	0.12	0.12
E	0.44	0.24	0.07	0.07
F	0.44	0.24	0.05	0.05

中国石油天然气集团公司

企业标准

重大危险源分级规范

Q/SY 1131—2007

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

(内部发行)

*

880×1230 毫米 16 开本 2¼印张 62 千字 印 1—3000

2007 年 12 月北京第 1 版 2007 年 12 月北京第 1 次印刷

书号：155021·16397 定价：24.00 元

版权专有 不得翻印

Q/SY 1131—2007