

附件二：

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 169—200□

代替 HJ/T 169—2004

建设项目环境风险评价技术导则

Technical Guidelines for Environmental Risk Assessment on Projects

(征求意见稿)

200□—□□—□□发布

200□—□□—□□实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 风险识别	4
6 源项分析	5
7 后果计算	7
8 风险计算和评价	13
9 风险管理	14
附录 A（资料性附录）几种类型事故概率的推荐值	18
附录 B（资料性附录）物质泄漏量计算	19
附录 C（资料性附录）有毒有害物质在水体中的迁移转化计算	26
附录 D（资料性附录）有毒有害气体物质造成的伤害估算	28

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，指导和规范环境影响评价工作，制定本标准。

本标准规定了环境风险评价的基本原则、内容、程序和方法。

本标准是对《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）的第一次修订。主要修订内容有：

- 对适用范围进行了适当简化；
- 增加了规范性引用文件；
- 增删了部分术语；
- 调整了环境风险评价工作程序；
- 修改了环境风险评价工作等级划分方法，增加了三级评价；
- 调整了源项分析内容，增补了后果计算的基本内容的规定，增加了有关防范措施论证的内容；

——补充完善了附录。

本标准自实施之日起，《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）废止。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 为资料性附录。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准起草单位：环境保护部环境工程评估中心。

本标准环境保护部 200□年□□月□□日批准

本标准自 200□年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

建设项目环境风险评价技术导则

1 适用范围

本标准规定了建设项目环境风险评价的基本原则、内容、程序和方法。

本标准适用于涉及有毒有害和易燃易爆物质的生产、使用、储运建设项目可能发生的突发性事故（一般不包括人为破坏及自然灾害）的环境风险评价。

本标准不适用于核建设项目的环境风险评价。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 5044 职业性接触毒物危害程度分级

GB 18218 重大危险源辨识

GB/T 19485 海洋工程环境影响评价技术导则

HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

HJ/T 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境

《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令 第2号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 环境风险

指可能发生的突发性事故对环境造成的危害及可能性。

3.2 风险值

风险值是风险评价的表征量，与事故的发生概率和事故的危害程度相关。

3.3 单元

指一个（套）生产装置、设施或场所，或同属一个工厂且边缘距离小于 500m 的几个（套）生产装置、设施或场所。每一个单元要有边界和特定的功能，且有隔断阀将流动物质与其他单元分割开。

3.4 危险物质

指能导致火灾、爆炸或中毒等危险的一种或若干物质的混合物。

3.5 临界量

指国家法律、法规、标准规定的一种或一类特定危险物质的数量。

3.6 重大危险源

危险源指一个系统中具有潜在能量和物质释放危险的、在一定的触发因素作用下可转化为事故的单元。

重大危险源指长期地或临时地生产、加工、运输、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。

3.7 危险源区域

危险源所在区域和场所，即产生能量或具有能量的物质、人员作业区域、产生聚集危险物质的设备、容器等。

3.8 最大可信事故

指在所有可能发生的事故中，对环境危害最严重的突发性事故。

3.9 立即威胁生命和健康浓度

Immediately Dangerous to Life or Health concentration (IDLH)，指有害环境中空气污染物浓度达到某种危险水平，如可致命、可永久损害健康或可使人立即丧失逃生能力。

3.10 环境敏感区

指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中规定的“依法设立的各级各类自然、文化保护地，以及对建设项目的某类污染因子或者生态影响因子特别敏感的区域”。

3.11 环境风险防范区

指建设项目界外环境敏感区中，在最大可信事故情况下，释放至大气的有毒有害物质，在一年中最不利气象条件下预按导则规定预测，其计算网格浓度达到和超过 LC₅₀ 和 IDLH 的范围；释放至水体的有毒有害物质，在一年中最不利水文条件下预按导则规定预测，其预测浓度达到和超过生物伤害阈的范围。

3.12 三同时

指建设项目中防治污染的设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

4 总则

4.1 评价工作程序及目标

评价工作程序及目标见图 1。

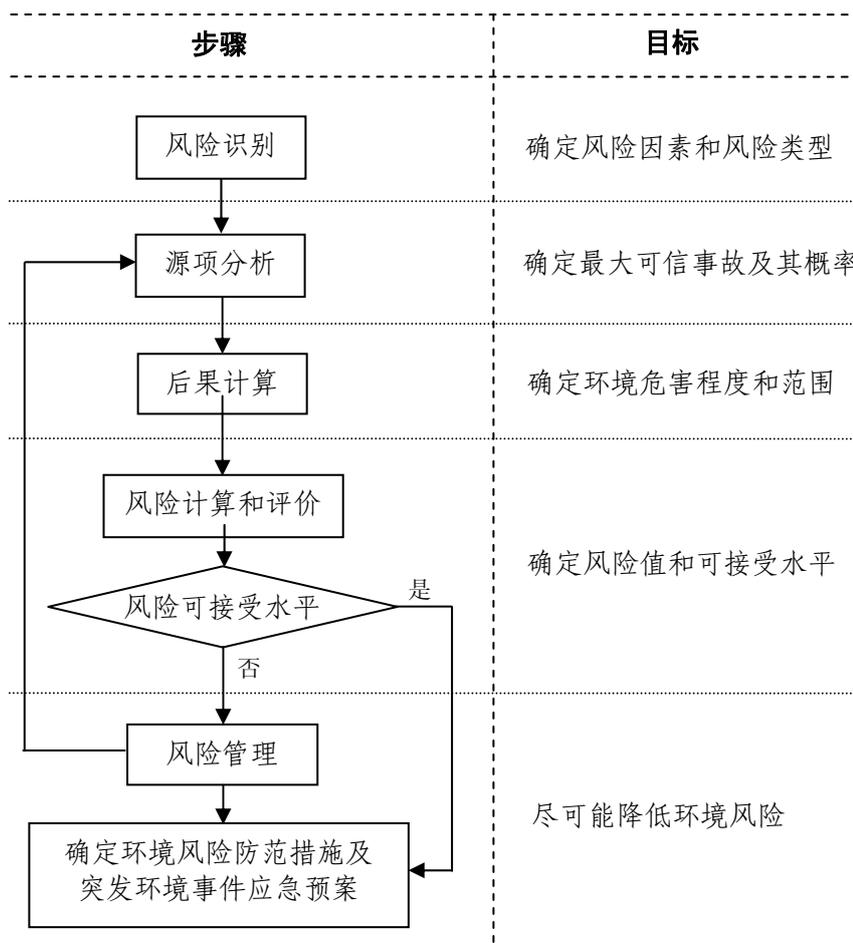


图 1 评价工作流程图

4.2 评价工作等级划分

4.2.1 环境风险评价工作等级划分为一级、二级、三级。建设项目有重大危险源，根据其所在地的环境敏感程度、涉及到的物质的危险性，按照表 1 确定评价工作等级。建设项目无重大危险源，评价工作等级确定为三级。

表 1 评价工作级别划分

建设项目所涉及环境的敏感程度	建设项目所涉及物质的危险性质和危险程度		
	极度和高度危险物质	中度危险物质	火灾、爆炸物质
环境敏感区	一	一	二
非环境敏感区	一	二	三

4.2.2 建设项目下游水域 10km 以内分布的饮用水水源保护区、珍稀濒危野生动物天然集中分布区、重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场，应视为选址于环境敏感区；建设项目边界外 5km 范围内、管道两侧 500m 范围内分布有以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公等为主要功能的区域等，应视为选址、选线于环境敏感区。

4.2.3 重大危险源和物质危险性按照 5.2.2.2 确定。危险物质包括火灾、爆炸等伴生/次生

的危险物质。

4.3 评价的基本内容

4.3.1 环境风险评价基本内容包括风险识别、源项分析、后果计算、风险计算和评价、提出环境风险防范措施及突发环境事件应急预案等 5 个方面内容。

4.3.2 一级评价应当进行风险识别、源项分析、后果计算、风险计算和评价，提出环境风险防范措施及突发环境事件应急预案。

4.3.3 二级评价应当进行风险识别、源项分析、后果计算及分析，提出环境风险防范措施及突发环境事件应急预案。

4.3.4 三级评价应当进行风险识别，提出环境风险防范措施及突发环境事件应急预案。

4.4 环境风险评价范围

4.4.1 大气环境风险评价范围为一级评价距建设项目边界不低于 5km；二级评价距建设项目边界不低于 3km；三级评价距建设项目边界不低于 1km。长输油和长输气管道建设工程一级评价距管道中心线两侧不低于 500m；二级评价距管道中心线两侧不低于 300m；三级评价距管道中心线两侧不低于 100m。

4.4.2 地表水环境风险评价范围不低于按 HJ/T2.3 确定的评价范围。

4.4.3 可能受到影响的 环境保护目标应当纳入评价范围。

5 风险识别

5.1 风险识别对象和风险类型

5.1.1 风险识别对象包括生产设施、所涉及物质、受影响的环境要素和环境保护目标。

5.1.1.1 生产设施风险识别包括主要生产装置、贮运系统、公用工程系统、辅助生产设施及环境保护设施等。

5.1.1.2 物质风险识别包括主要原材料及辅助材料、燃料、中间产品、最终产品、“三废”污染物、火灾和爆炸等伴生/次生的危险物质。

5.1.1.3 受影响的环境要素识别应当根据有毒有害物质排放途径确定，如大气环境、水环境、土壤、生态等，明确受影响的环境保护目标。

5.1.2 根据有毒有害物质排放起因，风险类型分为泄漏、火灾、爆炸等 3 种。

5.2 风险识别内容和方法

5.2.1 风险识别内容

风险识别内容包括物质危险性识别和生产过程危险性识别。

5.2.2 风险识别方法

5.2.2.1 资料收集和准备

应收集和准备建设项目工程资料、环境资料和国内外同行业事故统计分析 & 典型案例资料。

5.2.2.2 物质危险性识别

a) 重大危险源的识别

对于单种危险物质按 GB18218 中表 1、表 2、表 3 和表 4 确定。对于多种 (n 种) 物质同时存放或使用的场所, 若满足公式 (1), 则应定为重大危险源。

$$\sum(q_i/Q_i) \geq 1 \quad (1)$$

式中:

q_i ——i 种物质的实际储存量;

Q_i ——i 危险物质对应的生产场所或储存区的临界量; $i=1 \sim n$ 。

b) 危害程度的识别

按 GB5044 识别, 包括对致畸、致癌、致突变物质、持久性污染物、活性化学物质以及恶臭污染等物质识别。

5.2.2.3 系统生产过程危险性识别

a) 根据建设项目的生产特征, 结合物质危险性识别, 以图表给出单元划分结果, 给出单元内存在危险物质的数量。

b) 危险源区域分布分析

按生产、贮存、运输、管道系统, 确定危险源点的范围和危险源区域的分布。按危险源潜在危险性、存在条件和触发因素进行危险性分析。

5.2.2.4 事故分析

a) 根据物质的危险性识别、系统生产过程危险性识别结果, 分析各潜在事故的类型、危险物质向环境转移的可能途径和影响方式。

b) 潜在事故应当包括火灾、爆炸等引发的伴生/次生事故。

6 源项分析

6.1 源项分析内容

根据潜在事故分析列出的事故, 筛选确定最大可信事故, 对最大可信事故给出源强和发生概率。

6.2 确定最大可信事故的原则

6.2.1 最大可信事故情景设定是为估算事故对环境的危害后果, 其发生后应存在污染物向环境转移的途径。

6.2.2 最大是指对环境 (包括对不同环境要素) 的危害最严重。

6.2.3 可信应为科学、客观的设定, 一般不包括极端情况。

6.2.4 同类污染物存在于不同单元, 对同一环境要素的影响, 可只分析其中一个单元发生的最大可信事故。

6.3 确定最大可信事故概率的方法

事故概率可采用事故树和事件树、归纳统计法确定，也可按附录 A 的推荐值确定。

6.4 事故源强的确定

6.4.1 事故源强的确定原则和内容

6.4.1.1 确定原则

事故源强是为指导事故防范和风险应急的模拟情景设定，具有参考性；

事故源强与重大危险源直接相关，能反映事故的最大可信危害后果，具有安全性。

事故源强设定应是在事故统计基础上的分析结果，具有客观性；

事故源强设定应是在系统危险性分析基础上的逻辑推理，具有科学性；

事故源强设定应是基于当前工业技术和经济水平基础上，具有合理性。

6.4.1.2 确定内容

根据风险识别结果，对火灾、爆炸及泄漏三种风险类型进行事故源强的设定。

事故源强参数包括有毒有害物质名称、排放方式、排放速率、排放时间、排放量、排放源几何参数等。

6.4.2 事故源强确定方法

6.4.2.1 事故源强设定采用计算法和经验估算法。计算法适用于以腐蚀或应力作用等引起的泄漏型为主的事故；经验估算法适用于以火灾爆炸或碰撞等突发事件为前提的危险物质释放。

6.4.2.2 物质泄漏量的计算

a) 液体泄漏速率、气体泄漏速率、两相流泄漏速率的计算可采用附录 B 推荐的方法。

b) 物质泄漏时间应结合建设项目生产实际情况考虑，一般可按 5~30 分钟计。泄漏物质形成的液池面积以不超过泄漏单元的围堰（堤）内面积计。

c) 裂口面积按事故实际裂口情况或按表 B.2 选取。

d) 泄漏液体的蒸发速率计算可采用附录 B 推荐的方法，蒸发时间应结合物质特性、气象条件、工况等情况考虑，一般可按 15~30 分钟计。

6.4.2.3 经验法估算物质泄漏量

a) 以火灾爆炸突发因素为前提的事故引起的物质泄漏量

火灾爆炸事故危害除热辐射、冲击波和抛射物等直接危害外，未完全燃烧的危险物质在高温下迅速挥发释放至大气，燃烧物质燃烧过程中则同时产生伴生和次生物质。后两部分为环境风险分析对象。

未完全燃烧的危险物质释放至大气，按事故单元的危险物在线量及其半致死浓度 (LC50) 设定相应释放比例，见附录 B 中表 B.5。

火灾事故物质燃烧分解产物源强确定按燃烧分解反应估算，见附录 B。

b) 以碰撞等突发事件为前提的物质泄漏量

1) 船舶运输碰撞、触礁等事故，物质泄漏量按所在航道和港口区域事故统计最大泄

漏量计。

对无相似水域统计资料的事故，物质泄漏量按船的单舱载量比例计，见附录 B 中表 B.6。

2) 车载运输碰撞等事故，物质泄漏量按所在道路和地区事故统计最大泄漏量计。

对无相似道路和地区统计资料的事故，物质泄漏量按单车载量比例计，见附录 B 中表 B.6。

3) 装卸事故，泄漏量按装卸物质流速和管径及失控时间计算，失控时间按 5~15 分钟计。

4) 管道运输事故按管道截面 100%断裂估算泄漏量。应考虑截断阀启动前、后的泄漏量，截断阀启动前，泄漏量按实际工况确定；截断阀启动后，泄漏量以管道泄压至与环境压力平衡所需要时间计。

5) 泄漏液体蒸发量按附录 B 中表 B.7 估算。

7 后果计算

7.1 有毒有害物质在大气中的扩散

7.1.1 有毒有害物质在大气中的扩散，可采用烟团模式。对于重质气体污染物的扩散、复杂地形条件下污染物的扩散，应对模式进行相应的修正。

7.1.2 计算参数选取

a) 选取最不利气象条件。选取方法：利用最近 3 年中任一年的整年气象资料，对 i 危险物设定某一泄漏源强，分别逐时计算网格点和主要关心方向关心点的浓度，分别对计算结果排序并选出最大浓度。该浓度出现时间所对应的天气条件（风速、风向、稳定度等）即为 i 危险物对计算网格点和主要关心方向关心点的最不利气象条件。

b) 混合层参数、地形参数、污染物衰减沉降等参数根据具体情况选取。

c) 扩散计算参数选取：事故泄漏释放时间 ≤ 30min；预测烟团扩散时间不低于 6h；时间步长与网格距分辨率，随风速和离事故源距离不同，选取方法见附录 D 中表 D.1。

7.1.3 预测模式

在事故后果预测中可采用下列烟团公式：

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

式中：

$C(x, y, z)$ ——下风向地面 (x, y) 坐标处空气中污染物浓度， mg/m^3 ；

x_0, y_0, z_0 ——烟团中心坐标；

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ——X、Y、Z 方向的扩散参数，可采用 GB/T3840-91 推荐的数值（应

注意扩散参数的时间修正), m ;

Q ——事故期间烟团的排放量, mg ;

常取 $\sigma_x = \sigma_y$ 。

设事故释放持续时间为 T_0 (s), 可假设等间距释放 N 个烟团, 通常 N 应 ≥ 10 。每个烟团的释放量可近似认为相同并由下式计算:

$$Q_i = Q_0 / N \quad (3)$$

式中:

Q_i ——单个烟团的释放量, mg ;

Q_0 ——释放总量, mg ;

N ——烟团个数。

每两个烟团的释放时间间隔 Δt 则可由下式计算:

$$\Delta t = T_0 / N \quad (4)$$

式中:

Δt ——每两个烟团的释放时间间隔, s ;

T_0 ——事故释放持续时间, s ;

N ——烟团个数。

7.1.4 预测结果

- a) 有毒有害物质在最不利气象条件下的网格点最大浓度、时间和浓度分布图;
- b) 网格点最大浓度及分布图中, $\geq LC_{50}$ 浓度和 $\geq IDLH$ 浓度包络线范围; 给出该范围内的环境保护目标情况;
- c) 有毒有害物质在最不利气象条件下主要关心方向轴线最大浓度及位置。

7.2 有毒有害物质在水环境中的迁移转化预测

7.2.1 有毒有害物质进入水环境的途径和方式

7.2.1.1 有毒有害物质进入水环境的途径, 包括事故直接导致的和事故处理处置过程间接导致的有毒有害物质进入水体。

7.2.1.2 有毒有害物质进入水体的方式一般包括“瞬时源”和“有限时段源”。

7.2.1.3 突发性事故产生的废水(含消防废水)得到有效处置, 不排入外环境, 需分析废水的性质、处置处理措施的适用性。

7.2.2 迁移转化特征分析

对于纯有毒有害物质(相对密度 $\rho \leq 1$) 直接泄漏的情形, 需要分析其在水体中的溶解、吸附、挥发特性; 对于纯有毒有害物质(相对密度 $\rho > 1$) 直接泄漏的情形, 需要分析其在底泥层的吸附、溶解特性。见附录 C。

7.2.3 瞬时排放河流一维水质影响预测模式(有毒有害物质的相对密度 $\rho \leq 1$)

7.2.3.1 在河流水体足以使泄漏的有毒有害物质迅速得到稀释(初始稀释浓度达到溶解度以下), 泄漏点与环境保护目标的距离大于混合过程段长度时, 水体中溶解态有毒有害物质的预测计算可采用下式:

$$c(x,t) = \frac{M_D}{2A_c(\pi D_L t)^{1/2}} \exp\left(\frac{-(x-ut)^2}{4D_L t} - K_e t\right) + \frac{K'_v}{K'_v + \sum K_i} \frac{P}{K_H} [1 - \exp(-K_e t)] \quad (5)$$

式中:

$c(x, t)$ ——泄漏点下游距离 x , 时间 t 时的溶解态浓度, mg/L;

u ——河流流速, m/s;

D_L ——河流纵向离散系数, m²/s;

A_c ——河流横断面面积, m²;

M_D ——溶解的污染物总量(小于或等于泄漏量), g;

K_i ——级动力学转化速率(除挥发以外), 1/d;

K'_v ——挥发速率常数, $K'_v = \frac{K_v}{H}$, 1/d;

P ——水面上大气中的有害污染物的分压, Pa;

K_H ——亨利常数, Pa·m³/mol;

K_e ——综合转化速率, $K_e = \frac{K'_v + \sum K_i}{1 + K_p S}$, 1/d;

K_p ——分配系数;

S ——悬浮颗粒物含量, ppm。

7.2.3.2 最大影响浓度值: 在泄漏点下游 x 处, 有毒有害物质的峰值浓度(假设 $P=0$) 可按下式计算:

$$c_{\max}(x) = \frac{M_D}{2A_c(\pi D_L t)^{1/2}} \exp(-K_e t) \quad (6)$$

式中:

$C_{\max}(x)$ ——泄漏点下游 x 处, 有毒有害物质的峰值浓度, mg/L;

M_D ——溶解的污染物总量(小于或等于泄漏量), g;

A_c ——河流横断面面积, m²;

D_L ——河流纵向离散系数, m²/s;

K_e ——综合转化速率, $K_e = \frac{K'_v + \sum K_i}{1 + K_p S}$, 1/d;

S ——悬浮颗粒物含量, ppm。

7.2.4 瞬时点源河流二维水质影响预测(有毒有害物质的相对密度 $\rho \leq 1$)

7.2.4.1 河流二维水质预测数值模式

瞬时点源河流二维水质一般基本方程为：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = M_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + M_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - \sum S_k \quad (7)$$

式中：

M_x ——纵向离散系数， m^2/s ；

M_y ——横向混合系数， m^2/s ；

$\sum S_k$ ——挥发、吸附、降解的总和， $mg/L/s$ 。

初始条件和边界条件：

$$\begin{cases} c(x, y, 0) = 0 \\ c(x_0, y_0, t) = (M_D / Q) \delta(t) \\ c(\infty, \infty, t) = 0 \end{cases} \quad \delta(t) = \begin{cases} 1 & t = 0 \\ 0 & t \neq 0 \end{cases}$$

可以采用有限差分法和有限元法进行数值求解。

7.2.4.2 河流二维水质预测解析模式

假设 $P=0$ ，则解析模式为：

$$c(x, y, t) = \frac{M_D}{4\pi h t (M_x M_y)^{1/2}} \exp(-K_e t) \exp\left(\frac{-(x-ut)^2}{4M_x t}\right) \sum_{-\infty}^{+\infty} \exp\left(\frac{-(y-2nB \pm y_0)^2}{4M_y t}\right) \quad (8)$$

$(n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$

式中：

$c(x, y, t)$ ——泄漏点下游距离 x ，时间 t 时的溶解态浓度， mg/L ；

B ——河流宽度， m ；

M_D ——瞬时点源源强， g ；

M_x ——纵向离散系数， m^2/s ；

M_y ——横向混合系数， m^2/s ；

y_0 ——点源离河岸一侧的距离， m ；

K_e ——综合转化速率， $K_e = \frac{K'_v + \sum K_i}{1 + K_p S}$ ， $1/d$ ；

S ——悬浮颗粒物含量， ppm 。

公式 (8) 中若忽略河岸的反射作用，则取 $n=0$ 。

7.2.5 有毒有害物质（相对密度 $\rho > 1$ ）泄漏到河流中的影响预测模式

7.2.5.1 在有毒有害物质较为集中地泄漏到河床，并且它的溶解直接受到沉积薄层控制的情形，可采用公式 (9) 计算扩散层的厚度：

$$\delta_d = 239 \frac{\nu R_h^{1/6}}{un\sqrt{g}} \quad (9)$$

式中：

δ_d ——扩散底层的厚度，cm；

ν ——水的动力粘性， m^2/s ；

R_h ——河流的水力半径，m；

u ——河流流速，m/s；

n ——满宁系数；

g ——重力加速度， $9.81m/s^2$ 。

7.2.5.2 在泄漏区域的下游侧，且与河流完全混合之前，有毒有害物质在水体中的浓度可由下式计算：

$$C_l = (C_0 - C_s) \exp\left(-\frac{D_{cw}L_s}{\delta_d Hu}\right) + C_s \quad (10)$$

式中：

C_l ——泄漏区域下游侧有毒有害物质在水体中的浓度，mg/L；

C_0 ——有毒有害物质的背景浓度，mg/L；

C_s ——有毒有害物质在水中的溶解度 mg/L；

D_{cw} ——有毒有害物质在水中的扩散系数 m^2/s ；

H ——水深，m；

u ——河流流速，m/s；

L_s ——泄漏区的长度，m

δ_d ——扩散底层的厚度，m。

7.2.5.3 在完全混合处的浓度，可按下列下式计算：

$$C_{wm} = C_l \frac{W_s}{W} + C_0 \left(1 - \frac{W_s}{W}\right) \quad (11)$$

式中：

C_{wm} ——泄漏区完全混合处的浓度，mg/L；

C_l ——泄漏区域下游侧有毒有害物质在水体中的浓度，mg/L；

C_0 ——有毒有害物质的背景浓度，mg/L；

W_s ——泄漏的宽度，m；

W ——河流宽度，m。

7.2.5.4 溶解有毒有害物质所需要的时间，可按下列下式计算：

$$T_d = \frac{M_D}{C_l U H W_s} \quad (12)$$

式中：

T_d ——溶解有毒有害物质所需要的时间，s；

M_D ——溶解的污染物总量（小于或等于泄漏量），g。

C_l ——泄漏区域下游侧有毒有害物质在水体中的浓度，mg/L；

u ——河流流速，m/s；

H ——水深，m；

W_s ——泄漏的宽度，m。

注：在经过初始溶解后，剩余部分将留在河床泥沙中，它们自然地释放和扩散返回到水体所需要的时间可能大大超过初始溶解所需要的时间。

7.2.6 油在海湾、河口的扩散模式

7.2.6.1 油（乳化油）的浓度计算模型

突发性事故泄露形成的油膜（或油块），在波浪的作用下也会破碎乳化溶于水中，可与事故排放含油污水一样，均按对流扩散方程计算，其基本方程为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{1}{H} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(E_x H \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y H \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right] - K_1 C + f \quad (13)$$

式中：

f ——源强，mg/L/s，可通过 $f = \frac{q_0 C_0}{\Delta \cdot H}$ 来计算；

Δ ——油膜的面积，m²；

H ——油膜混合的厚度，m。

7.2.6.2 油膜扩展计算公式

突发事故溢油的油膜计算可采用 P, C, Blokker 公式。

假设油膜在无风条件下呈圆形扩展，采用下式计算：

$$D_t^3 = D_0^3 + \frac{24}{\pi} k (\gamma_w - \gamma_o) \frac{\gamma_o}{\gamma_w} V_0 t \quad (14)$$

式中：

D_t —— t 时刻后油膜的直径，m；

D_0 ——油膜初始时刻的直径，m；

γ_w ——水的比重，无量纲；

γ_o ——石油的比重，无量纲；

V_0 ——计算的溢油量，m³；

K ——常数，1/min；

t ——时间，min。

7.2.7 有毒有害物在海洋的扩散模式

采用 GB/T 19485 推荐的模式。

7.2.8 应给出有毒有害物质在关注点处浓度随时间变化过程和影响范围内特征时段的浓度空间分布。对于开敞水域，应分析有毒有害物质在该水域的输移路径。

8 风险计算和评价

8.1 风险计算

8.1.1 风险表示为事故发生概率及其后果的乘积。

$$\text{风险值} \left(\frac{\text{后果}}{\text{时间}} \right) = \text{概率} \left(\frac{\text{事故数}}{\text{单位时间}} \right) \times \text{危害程度} \left(\frac{\text{后果}}{\text{每次事故}} \right) \quad (15)$$

8.1.2 对于大型建设项目（如千万吨级炼油、百万吨乙烯、煤化工联合项目、涉及光气的建设项目等）应考虑进行风险计算。对任一有毒有害物质泄漏，只考虑急性危害的环境风险。

8.1.3 最大可信事故对环境所造成的风险值 R 按下式计算：

$$R = P \cdot C \quad (16)$$

式中：

R ——风险值；

P ——最大可信事故概率（事件数/单位时间）；

C ——最大可信事故造成的危害（损害/事件）。

最大可信事故因吸入有毒有害物质造成的急性危害 C 与下列因素相关：

$$C \propto f(C_L(x, y, t), \Delta t, n(x, y, t), P_E) \quad (17)$$

式中：

C ——因吸有毒有害气体物质造成的急性危害；

$C_L(x, y, t)$ ——在 x 、 y 范围和 t 时刻， $\geq LC_{50}$ 的浓度；

$n(x, y, t)$ —— t 时刻相应于该浓度包络范围内的人数；

P_E ——人员吸入毒性物质而导致急性死亡的概率，见附录 D。

8.1.4 对一种最大可信事故下存在的 n 种有毒有害物质所致的环境危害 C ，为各种危害 C_i 的总和：

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (18)$$

式中：

C ——最大可信事故下存在的 n 种有毒有害物质所致的环境危害；

C_i ——某种有毒有害物质所致的环境危害。

8.1.5 环境风险评价需要从各单元的最大可信事故风险值 R_j 中，选出危害最大的作为评价项目的最大可信事故风险值 R_{\max} 。即：

$$R_{\max} = f(R_j) \quad (19)$$

式中：

R_{\max} ——项目的最大可信事故风险值；

R_j ——各单元的最大可信事故风险值。

8.2 风险预测结果分析

对预测计算的最大可信事故风险值 R_{\max} 与同行业可接受风险水平 R_L 比较：

当 $R_{\max} \leq R_L$ 时，认为环境风险水平是可以接受的；

当 $R_{\max} > R_L$ 时，需要进一步采取环境风险防范措施，以达到可接受水平。

9 风险管理

9.1 风险防范措施

9.1.1 风险防范措施分析论证

9.1.1.1 充分性分析

分析项目拟采取的风险防范措施，以及依托措施是否涵盖了所有识别出的重大环境风险。风险防范措施应包括（但不限于）：

a) 事故预防措施：加工、储存、输送危险物料的设备、容器、管道的安全设计；防火、防爆措施；危险物质或污染物质的防泄漏、溢出措施；工艺过程事故自诊断和连锁保护等。

b) 事故预警措施：可燃气体和有毒气体的泄漏、危险物料溢出报警系统；污染物排放监测系统；火灾爆炸报警系统等。

c) 事故应急处置措施：事故报警、应急监测及通讯系统；终止风险事故的措施，如消防系统、紧急停车系统、中止或减少事故泄放量的措施等；防止事故蔓延和扩大的措施，如危险物料的消除、转移及安全处置，在有毒有害物质泄漏风险较大的区域作地面防渗处理、设置安全距离，切断危险物或污染物传入外环境的途径、及设置暂存设施等。

d) 事故终止后的处理措施：事故过程中产生的有毒有害物质的处理措施，如污染的消防废水的处理处置。

e) 对外环境敏感目标的保护措施，如必要的撤离疏散通道、避难所的设置，重要生活饮用水取水口的隔离保护措施等，应提出要求和建议。

9.1.1.2 有效性分析

针对环境风险事故的污染物量、传输途径、影响范围及受害对象等，从设计能力、服务范围及控制效果等方面，分析风险防范措施能否有效地防范风险事故的影响。对重要或关键的防范措施，如全厂性水污染风险防范措施等，应通过计算、图示说明论证结

果。环境风险的防范体系要完整。

9.1.1.3 可操作性分析

针对风险防范措施的应急启动和执行程序，分析其能否满足风险防范和应急响应要求。

9.1.1.4 替代方案

经分析论证，建设项目拟采取的风险防范措施不能满足风险防范要求时，应提出替代方案或否定结论。

9.1.2 环境风险防范措施论证反馈

环境风险防范措施的分析论证结果应及时反馈给源项分析及预测计算，对初始风险评价作修正，以确定在采取了风险防范措施之后，识别出的重大环境风险是否已降低并保持在可接受的程度。

9.1.3 环境风险防范措施落实及“三同时”检查内容

9.1.3.1 环境风险防范措施的落实

应对环境风险防范措施在设计、施工、资源配置等方面提出落实要求。设计应保证设施的能力能满足防范风险的需要；施工应保证设施的安装质量符合工程验收规范、规程和检验评定标准；资源配置应能满足工程防范措施的正常运行。

9.1.3.2 “三同时”检查内容

凡经过论证为可实施的风险防范工程措施均应列为“三同时”检查内容，逐项列出。

9.2 应急预案

9.2.1 在建设项目环境影响评价文件中，应从环境风险防范的角度，提出突发环境事件应急预案编制的原则要求。

9.2.2 突发环境事件应急预案应体现“企业自救、属地为主，分类管理，分级响应，区域联动”的原则，并与所在地地方人民政府突发环境事件应急预案相衔接。明确环境风险三级（单元、项目和园区）应急防范体系。

9.2.3 对于改建、扩建和技术改造项目，应当对依托企业现有突发环境事件应急预案的有效性进行评估，提出完善的意见和建议；对于新建项目，应当明确事故响应和报警条件，规定应急处置措施。按表 3 对各级别应急预案提出要求。

表3 应急预案基本内容

序号	项 目	具体内容
1	总则	1.1 编制目的
		1.2 编制依据
		1.3 环境事件分类与分级
		1.4 适用范围
		1.5 工作原则
2	组织指挥与职责	
3	预警	
4	应急响应	4.1 分级响应机制
		4.2 应急响应程序
		4.3 信息报送与处理
		4.4 指挥和协调
		4.5 应急处置措施
		4.6 应急监测
		4.7 应急终止
5	应急保障	5.1 资金保障
		5.2 装备保障
		5.3 通讯保障
		5.4 人力资源保障
		5.5 技术保障
		5.6 宣传、培训与演练
		5.7 应急能力评价
6	善后处置	
7	预案管理与更新	

10 风险评价结论与建议

10.1 项目选址及重大危险源区域布置的合理性和可行性

根据重大危险源辨识及其区域分布分析和事故后果预测，从环境风险角度评价项目选址及总图布置的合理性和可行性，并给出优化调整的建议及方案。

10.2 重大危险源的类别及其危险性主要分析结果

给出项目涉及的重大危险源类别，主要单元危险性及其潜在的主要环境风险事故类型，事故时危险物质进入环境的途径，给出优化调整重大危险源在线量及危险性控制的建议。

10.3 环境敏感区及与环境风险的制约性

项目所在地评价范围内的环境敏感区及其特点；给出危害后果预测结果，大气中LC₅₀、IDLH和水体中生态伤害阈所涉及范围内环境敏感目标分布情况及风险分析；从地理位置、气象、水文、人口分布和生态环境等要素分析项目建设存在的环境风险制约因素，提出优化调整缓解环境风险制约的建议。

10.4 环境风险防范措施和应急预案

明确环境风险三级（单元、项目和园区）应急防范体系，分析主要措施的可行性，重点给出防止事故危险物质进入环境及进入环境后的控制、消解、监测等措施；给出风险应急响应程序、环境风险防范区在事故时对人员撤离要求等。提出优化调整环境风险防范措施和应急预案的建议。

10.5 环境风险评价结论

综合进行评价，明确给出建设项目环境风险可接受结论。

附录 A

(资料性附录)

几种类型事故概率的推荐值

泄漏类型事故如容器泄漏、整体破裂，管道泄漏、全管径泄漏，泵体泄漏、破裂，压缩机泄漏、破裂，阀门泄漏等。重大危险源定量风险评价的泄漏概率详见表 A.1。

表 A.1 用于重大危险源定量风险评价的泄漏概率表

部件类型	泄漏模式	泄漏概率
容器	泄漏孔径 1mm	5.00×10^{-4} /年
	泄漏孔径 10mm	1.00×10^{-5} /年
	泄漏孔径 50mm	5.00×10^{-6} /年
	整体破裂	1.00×10^{-6} /年
	整体破裂 (压力容器)	6.50×10^{-5} /年
内径 ≤ 50mm 的管道	泄漏孔径 1mm	5.70×10^{-5} (m/年)
	全管径泄漏	8.80×10^{-7} (m/年)
50mm < 内径 ≤ 150mm 的管道	泄漏孔径 1mm	2.00×10^{-5} (m/年)
	全管径泄漏	2.60×10^{-7} (m/年)
内径 > 150mm 的管道	泄漏孔径 1mm	1.10×10^{-5} (m/年)
	全管径泄漏	8.80×10^{-8} (m/年)
离心式泵体	泄漏孔径 1mm	1.80×10^{-3} /年
	整体破裂	1.00×10^{-5} /年
往复式泵体	泄漏孔径 1mm	3.70×10^{-3} /年
	整体破裂	1.00×10^{-5} /年
离心式压缩机	泄漏孔径 1mm	2.00×10^{-3} /年
	整体破裂	1.10×10^{-5} /年
往复式压缩机	泄漏孔径 1mm	2.70×10^{-2} /年
	整体破裂	1.10×10^{-5} /年
内径 ≤ 150mm 手动阀门	泄漏孔径 1mm	5.50×10^{-2} /年
	泄漏孔径 50mm	7.70×10^{-8} /年
内径 > 150mm 手动阀门	泄漏孔径 1mm	5.50×10^{-2} /年
	泄漏孔径 50mm	4.20×10^{-8} /年
内径 ≥ 150mm 驱动阀门	泄漏孔径 1mm	2.60×10^{-4} /年
	泄漏孔径 50mm	1.90×10^{-6} /年

注：上述数据分别来源于 DNV、Crossthaite et al 和 COVO Study。

附录 B
(资料性附录)
事故源项设定

B.1 物质泄漏量计算

B.1.1 液体泄漏

液体泄漏速率 Q_L 用伯努利方程计算 (限制条件为液体在喷口内不应有急骤蒸发):

$$Q_L = C_d A \rho \sqrt{\frac{2(P - P_0)}{\rho} + 2gh} \quad (\text{B.1})$$

式中:

Q_L ——液体泄漏速率, kg/s;

P ——容器内介质压力, Pa;

P_0 ——环境压力, Pa;

ρ ——泄漏液体密度, kg/m³;

g ——重力加速度, 9.81m/s²;

h ——裂口之上液位高度, m;

C_d ——液体泄漏系数, 无量纲; 按表 B.1 选取;

A ——裂口面积, m²。按事故实际裂口情况或按表 B.2 选取。

表 B.1 液体泄漏系数 (C_d)

雷诺数 Re	裂口形状		
	圆形 (多边形)	三角形	长方形
>100	0.65	0.60	0.55
≤100	0.50	0.45	0.40

B.1.2 气体泄漏

假定气体特性为理想气体, 其泄漏速率 Q_G 按下式计算:

$$Q_G = Y C_d A P \sqrt{\frac{M \kappa}{R T_G} \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1}}} \quad (\text{B.2})$$

气体流速在音速范围 (临界流) 时: $\frac{P_0}{P} \leq \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$

气体流速在亚音速范围 (次临界流) 时: $\frac{P_0}{P} > \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$

式中:

Q_G ——气体泄漏速率, kg/s;

P ——容器压力, Pa;

P_0 ——环境压力, Pa;

κ ——气体的绝热指数 (热容比), 即定压热容 C_p 与定容热容 C_v 之比, 无量纲;

C_d ——气体泄漏系数，无量纲；当裂口形状为圆形时取 1.00，三角形时取 0.95，长方形时取 0.90；

M ——物质的相对分子质量，g/mol 或 kg/kmol；

R ——气体常数，J/(mol·K)；

T_G ——气体温度，K；

A ——裂口面积，m²。按事故实际裂口情况或按表 B.2 选取；

Y ——流出系数，对于临界流 $Y=1.0$ ；对于次临界流按下式计算：

$$Y = \left[\frac{P_0}{P} \right]^{\frac{1}{\kappa}} \times \left\{ 1 - \left[\frac{P_0}{P} \right]^{\frac{(\kappa-1)}{\kappa}} \right\}^{\frac{1}{2}} \times \left\{ \left[\frac{2}{\kappa-1} \right] \times \left[\frac{\kappa+1}{2} \right]^{\frac{(\kappa+1)}{(\kappa-1)}} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{B.3})$$

式中：

Y ——流出系数；

P ——容器压力，Pa；

P_0 ——环境压力，Pa；

κ ——气体的绝热指数（热容比），即定压热容 C_p 与定容热容 C_V 之比，无量纲。

管道、绕性连接器、过滤器、阀门、压力容器、泵、压缩机、贮罐、贮存容器、放空燃烧装置、放空管等典型设备损坏类型及损坏尺寸详见表 B.2

表 B.2 几种典型设备损坏类型及损坏尺寸

序号	设备名称	设备类型	典型泄漏	损坏尺寸
1	管道	管道、法兰、接管头、弯头	(1) 法兰泄漏 (2) 管道泄漏 (3) 接头损坏	20%管径 20%或 100%管径 20%或 100%管径
2	绕性连接器	软管、波纹管、铰接臂	(1) 破裂泄漏 (2) 接头泄漏 (3) 连接机构损坏	20%或 100%管径 20%管径 100%管径
3	过滤器	滤器、滤网	(1) 滤体泄漏 (2) 管道泄漏	20%或 100%管径 20%管径
4	阀	球、阀门、栓、阻气门、保险等	(1) 壳泄漏 (2) 盖子泄漏 (3) 杆损坏	20%或 100%管径 20%管径 20%管径
5	压力容器、反应槽	分离器、气体洗涤器、反应器、热交换器、火焰加热器等	(1) 容器破裂 容器泄漏 (2) 进入孔盖泄漏 (3) 喷嘴断裂 (4) 仪表管路破裂 (5) 内部爆炸	全部破裂 100%管径 20%管径 100%管径 20%或 100%管径 全部破裂
6	泵	离心泵、往复泵	(1) 机壳损坏 (2) 密封压盖泄漏	20%或 100%管径 20%管径
7	压缩机	离心式、轴流式、往复式	(1) 机壳损坏 (2) 密封套泄漏	20%或 100%管径 20%管径
8	贮罐	露天贮罐	(1) 容器损坏 (2) 接头泄漏	全部破裂 20%或 100%管径
9	贮存容器 (用于加压或冷冻)	压力、运输、冷冻、填埋、露天等容器	(1) 气爆(不埋设情况下) (2) 破裂 (3) 焊点断裂	全部破裂(点燃) 全部破裂 20%或 100%管径

序号	设备名称	设备类型	典型泄漏	损坏尺寸
10	放空燃烧装置/放空管	放空燃烧装置或放空管	(1) 多歧接头/圆筒泄漏 (2) 超标排气	20%或 100%管径

B.1.3 两相流泄漏

假定液相和气相是均匀的，且互相平衡，两相流泄漏速率 Q_{LG} 按下式计算：

$$Q_{LG} = C_d A \sqrt{2\rho_m(P - P_C)} \quad (\text{B.4})$$

$$\rho_m = \frac{1}{\frac{F_V}{\rho_1} + \frac{1 - F_V}{\rho_2}} \quad (\text{B.5})$$

$$F_V = \frac{C_p(T_{LG} - T_C)}{H} \quad (\text{B.6})$$

式中：

Q_{LG} ——两相流泄漏速率，kg/s；

C_d ——两相流泄漏系数，可取 0.8；

P_C ——临界压力，Pa，可取 0.55Pa；

P ——操作压力或容器压力，Pa；

A ——裂口面积， m^2 。按事故实际裂口情况或按表 B.2 选取；

ρ_m ——两相混合物的平均密度， kg/m^3 ；

ρ_l ——液体蒸发的蒸汽密度， kg/m^3 ；

ρ_2 ——液体密度， kg/m^3 ；

F_V ——蒸发的液体占液体总量的比例，无量纲；

C_p ——两相混合物的定压比热， $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ；

T_{LG} ——两相混合物的温度，K；

T_C ——液体在临界压力下的沸点，K；

H ——液体的气化热， J/kg 。

当 $F_V > 1$ 时，表明液体将全部蒸发成气体，此时应按气体泄漏计算；如果 F_V 很小，则可近似地按液体泄漏公式计算。

B.1.4 泄漏液体蒸发速率

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

B.1.4.1 闪蒸量的估算

过热液体闪蒸量 Q_l 可按下式估算：

$$Q_l = F \cdot W_r / t_1 \quad (\text{B.7})$$

$$F = C_p \frac{T_L - T_b}{H} \quad (\text{B.8})$$

式中：

- Q_I ——闪蒸量，kg/s；
- F ——蒸发的液体占液体总量的比例，无量纲；
- W_T ——液体泄漏总量，kg；
- t_I ——闪蒸蒸发时间，s；
- C_p ——液体的定压比热，J/(kg·K)；
- T_L ——泄漏前液体的温度，K；
- T_b ——液体在常压下的沸点，K；
- H ——液体的汽化热，J/kg。

B.1.4.2 热量蒸发估算

当液体闪蒸不完全，有一部分液体在地面形成液池，并吸收地面热量而汽化称为热量蒸发。其蒸发速率按下式计算，并应考虑对流传热系数。

$$Q_2 = \frac{\lambda_s \times (T_0 - T_b)}{H \sqrt{\pi \alpha t}} \quad (\text{B.9})$$

式中：

- Q_2 ——热量蒸发速率，kg/s；
- T_0 ——环境温度，K；
- T_b ——沸点温度；K；
- H ——液体气化热，J/kg；
- t ——蒸发时间，s；
- λ_s ——表面热导系数（取值见表 B.3），W/m·K；
- α ——表面热扩散系数（取值见表 B.3），m²/s。

表 B.3 某些地面的热传递性质

地面情况	λ_s (W/m·K)	α (m ² /s)
水泥	1.1	1.29×10^{-7}
土地（含水 8%）	0.9	4.3×10^{-7}
干阔土地	0.3	2.3×10^{-7}
湿地	0.6	3.3×10^{-7}
砂砾地	2.5	11.0×10^{-7}

B.1.4.3 质量蒸发估算

当热量蒸发结束后，转由液池表面气流运动使液体蒸发，称之为质量蒸发。其蒸发速率按下式计算：

$$Q_3 = \alpha \times P \times \frac{M}{RT_0} \times u^{\frac{(2-n)}{(2+n)}} \times r^{\frac{(4+n)}{(2+n)}} \quad (\text{B.10})$$

式中：

Q_3 ——质量蒸发速率，kg/s；

P ——液体表面蒸气压，Pa；

R ——气体常数；J/mol·K；

T_0 ——环境温度，K；

M ——物质的相对分子质量，g/mol 或 kg/kmol；

u ——风速，m/s；

r ——液池半径，m；

α ， n ——大气稳定度系数，无量纲，取值见表 B.4。

表 B.4 液池蒸发模式参数

大气稳定度	n	α
不稳定 (A,B)	0.2	3.846×10^{-3}
中性 (D)	0.25	4.685×10^{-3}
稳定 (E,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。

B.1.4.4 液体蒸发总量的计算

液体蒸发总量按下式计算：

$$W_p = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + Q_3 t_3 \quad (\text{B.11})$$

式中：

W_p ——液体蒸发总量，kg；

Q_1 ——闪蒸液体蒸发速率，kg/s；

Q_2 ——热量蒸发速率，kg/s；

Q_3 ——质量蒸发速率，kg/s；

t_1 ——闪蒸蒸发时间，s；

t_2 ——热量蒸发时间，s；

t_3 ——从液体泄漏到全部清理完毕的时间，s。

B.2 事故源强经验估算

B.2.1 火灾爆炸事故有毒有害物质释放比例

火灾爆炸事故有毒有害物质释放比例见表 B.5。

表 B.5 火灾爆炸事故有毒有害物质释放比例(%)

$\frac{Lc_{50}}{Q}$	<200	200-	1000-	2000-	10000-	>20000
100	5	10				
500	1.5	3	6			
1000	1	2	4	5	8	
5000		0.5	1	1.5	2	3
10000			0.5	1	1	2
20000				0.5	1	1
50000					0.5	0.5
100000						0.5

注： Lc_{50} 物质半致死浓度， mg/m^3 ；Q 重大危险源在线量，t。

B.2.2 以碰撞等突发事件为前提的危险物质释放比例

a) 船舶运输碰撞触礁、车载运输碰撞，危险物质释放比例见表 B.6。

表 B.6 危险物质泄漏比例

船舶运输		车载运输	
单舱载量 (m^3)	释放%	单车载量 (t)	释放%
400	30	3	50
1000	20	5	40
1600	15	8	30
2000	15	10	25
3000	10	15	20
8000	5	20	20
15000	5	30	15
20000	4	50	10
25000	4	80	10
30000	4	100	10
40000	3	120	10

b) 泄漏液体蒸发量估算值

泄漏液体蒸发量估算值见表 B.7。

表 B.7 泄漏液体蒸发量估算值

物质	蒸发量 (泄漏量的百分比)
极易挥发物质 (饱和蒸气压>50kPa)	90~100
易挥发物质 (10kPa<饱和蒸气压<50kPa)	70~90
较易挥发物质 (1kPa<饱和蒸气压<10kPa)	40~60

难挥发物质（饱和蒸气压<1kPa）	忽略不计
-------------------	------

B.3 火灾伴生/次生污染物产生量估算

B.3.1 二氧化硫产生量

火灾伴生/次生中二氧化硫产生量的计算见公式（B.12）：

$$G_{SO_2} = 2BS \quad (B.12)$$

式中：

G_{SO_2} ——二氧化硫排放速率，kg/h；

B ——物质燃烧量，kg/h；

S ——物质硫含量，%。

B.3.2 一氧化碳产生量：

火灾伴生/次生中一氧化碳产生量的计算见公式（B.13）：

$$G_{CO} = 2330qC \quad (B.13)$$

式中：

G_{CO} ——一氧化碳的产生量，g/kg；

C ——物质中碳的质量百分比含量，%。取 85%；

q ——化学不完全燃烧值，%。取 5%~20%。

B.3.3 火灾产物

一些聚合物的分解和燃烧产物见表 B.8。

表 B.8 一些聚合物的分解和燃烧产物

聚合物	反应模式	主要产物
聚乙烯(PE)	热裂解	戊烯、1-己烯、n-己烷等
	热氧化	丙醛、戊烯、n-戊烷、丁醛、戊醛
	燃烧	戊烯、丁醛、戊醛、苯、1-己烯、n-己烷
聚丙烯(PP)	热裂解	丙烯、异丁烯、甲基丁烯、戊烷、2-戊烯等
	热氧化	丙醛、甲醛、乙醛、丁烯、丙酮、环己烷

附录 C

(资料性附录)

有毒有害物质在水体中的迁移转化计算

C.1 直接泄漏的纯有毒有害物质 (相对密度 $\rho \leq 1$) 挥发

在发生有毒有害物质直接泄漏到水体的情形, 其挥发通量可采用下式计算:

$$F = \frac{k_g P_v MW}{82.06T} \quad (\text{C.1})$$

$$k_g = \left(\frac{D_a}{D_{wv}}\right)^{1/2} k'_g \quad (\text{C.2})$$

式中:

F ——挥发质量通量, $\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$;

k_g ——气相转化系数, cm/h ;

P_v ——纯液态有毒有害物质的饱和蒸汽压, Pa ;

MW ——有毒有害物质的相对分子质量, g/mol 或 kg/kmol ;

T ——环境水温, K ;

D_a ——污染物在空气中的扩散系数, cm^2/s ;

D_{wv} ——空气中的水蒸气扩散系数, cm^2/s ;

k'_g ——水蒸气的气相转化速率, cm/h ; 通常用 $k'_g = 700V$ 计算;

V ——风速, m/s 。

多数情况下: $\frac{D_a}{D_{wv}} = \left(\frac{18}{MW}\right)^{1/2}$

泄漏有毒有害物质在水体中完全挥发所需要的时间按下式计算:

$$t = \frac{M}{10FA} \quad (\text{C.3})$$

式中:

t ——时间, h ;

M ——泄漏的纯有毒有害物质质量, kg ;

F ——挥发质量通量, $\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$;

A ——发生泄漏区域面积, m^2 。

C.2 在时间 t_s , 处于各种形态的有毒有害物质量可分别用下式计算:

$$\text{溶解态污染物总量 } M_D: M_D(t_s) = K_p SM_D \exp(-K_e t_s) \quad (\text{C.4})$$

$$\text{吸附态污染物总量 } M_S: M_S(t_s) = K_p SM_D \exp(-K_e t_s) \quad (\text{C.5})$$

$$\text{挥发的污染物总量 } M_V: M_V(t_s) = \frac{M_D K_V'}{K_e} (1 - \exp(-K_e t_s)) \quad (\text{C.6})$$

$$\text{降解的污染物总量 } M_{DK}: M_{DK}(t_s) = \frac{M_D \sum K_i}{K_e} (1 - \exp(-K_e t_s)) \quad (\text{C.7})$$

式中:

$$M_D = \frac{M}{1 + K_p S}$$

$$K_e = \frac{K_V' + \sum K_i}{1 + K_p S}$$

$$K_V' = \frac{K_V}{H}$$

M ——泄漏的有毒有害物质总量;

K_V' ——挥发速率常数, 1/d;

K_i ——一级动力学转化速率 (除挥发以外), 1/d;

K_p ——分配系数, 无量纲;

K_e ——综合转化速率, 1/d;

S ——悬浮颗粒物浓度, ppm。

附录 D
(资料性附录)
后果计算

D.1 后果计算参数选择

大气扩散计算时间步长 (s) 和网格距 (m) 选取见表 D.1。

表 D.1 时间步长 (s) 和网格距 (m) 选取

V (m/s) R (m)	≤0.5	≤1.0	≤1.5	≤3.0
1000≤	60s, 100m	20s, 100m	10s, 100m	5s, 100m
2000≤	60s, 200m	20s, 200m	10s, 200m	5s, 200m
3000≤	60s, 300m	20s, 300m	10s, 300m	5s, 300m
5000≤	60s, 500m	20s, 500m	10s, 500m	5s, 500m

注：R 为距源点轴向距离，m；V 为风速，m/s。

D.2 有毒有害气体物质死亡概率估算

暴露于有毒有害气体物质气团下无任何防护的人员因物质毒性而导致死亡的概率可由下式估算：

$$P_E = 0.5 \times \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{Y-5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (\text{D.1})$$

式中：

P_E ——人员吸入毒性物质而导致急性死亡的概率；

Y ——中间量。

对于公式 (D.1) 所列有毒有害气体物质造成的伤害可采用下式估算中间量 Y ，由此可依据公式 (D.1) 估算出死亡百分率。

$$Y = A_t + B_t \ln [C^n \cdot t_e] \quad (\text{D.2})$$

式中：

Y ——中间量；

A_t 、 B_t 和 n ——与毒物性质有关，见表 D.2；

$C_{L\#}$ ——接触的浓度，ppm；

t_e ——接触 C_L 浓度的时候，min。

表 D.2 几种物质的参数

物质	A _t	B _t	n
氯气	-5.3	0.5	2.75
氨	-9.82	0.71	2.0
丙烯醛	-9.93	2.05	1.0
四氯化碳	0.54	1.05	0.5
氯化氢	-21.76	2.65	1.0
甲基溴	-19.92	5.16	1.0
光气	-19.27	3.69	1.0
氟化氢(单体)	-26.4	3.35	1.0
丙烯腈	-8.6	1	1.3
丙烯醇	-11.7	1	2
氰化氢	-9.8	1	2.4
硫化氢	-11.5	1	1.9
磷化氢	-6.8	1	2
对硫磷	-6.6	1	2

表 D.3 毒性计算中各 Y 值所对应的死亡百分率

死亡百分率	Y	死亡百分率	Y	死亡百分率	Y	死亡百分率	Y
0	0	4.42	28	5.15	56	5.99	84
2.67	1	4.45	29	5.18	57	6.04	85
2.95	2	4.48	30	5.2	58	6.08	86
3.12	3	4.5	31	5.23	59	6.13	87
3.25	4	4.53	32	5.25	60	6.18	88
3.36	5	4.56	33	5.28	61	6.23	89
3.45	6	4.59	34	5.31	62	6.28	90
3.52	7	4.61	35	5.33	63	6.34	91
3.59	8	4.64	36	5.36	64	6.41	92
3.66	9	4.67	37	5.39	65	6.48	93
3.72	10	4.69	38	5.41	66	6.55	94
3.77	11	4.72	39	5.44	67	6.64	95
3.82	12	4.75	40	5.47	68	6.75	96
3.87	13	4.77	41	5.5	69	6.88	97
3.92	14	4.8	42	5.52	70	7.05	98
3.96	15	4.82	43	5.55	71	7.33	99.0
4.01	16	4.85	44	5.58	72	7.37	99.1

死亡百分率	Y	死亡百分率	Y	死亡百分率	Y	死亡百分率	Y
4.05	17	4.87	45	5.61	73	7.41	99.2
4.08	18	4.9	46	5.64	74	7.46	99.3
4.12	19	4.92	47	5.67	75	7.51	99.4
4.16	20	4.95	48	5.71	76	7.58	99.5
4.19	21	4.97	49	5.74	77	7.58	99.6
4.23	22	5	50	5.77	78	7.65	99.7
4.26	23	5.03	51	5.81	79	7.88	99.8
4.29	24	5.05	52	5.84	80	8.09	99.9
4.33	25	5.08	53	5.88	81		
4.26	26	5.1	54	5.92	82		
4.39	27	5.13	55	5.95	83		
