

中华人民共和国环境保护行业标准

建设项目环境风险评价技术导则

Technical Guidelines for Environmental Risk Assessment on Projects

HJ/T 169—2004

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境管理条例》以及《环境影响评价技术导则》，将建设项目环境风险评价纳入环境影响评价管理范畴，从而有利于项目建设全过程风险管理，并提高环境风险评价工作及审查工作的质量和效率，使其达到法制化、规范化和标准化的要求，特制定本规范。

本规范是根据国家有关环境影响评价的法规和标准，以及危险化学品安全管理与安全评价有关法律法规以及标准制定的，是作为环境影响评价单位进行环境风险评价时使用的技术规范。

本规范的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本规范由国家环境保护总局环境影响评价管理司提出，由国家环保总局环境工程评估中心负责起草，由国家环境保护总局科技标准司归口。

本规范由国家环保总局 2004 年 12 月 11 日批准，2004 年 12 月 11 日实施。

本规范由国家环境保护总局负责解释。

1 范围

本规范规定了建设项目环境风险评价的目的、基本原则、内容、程序和方法。

本规范适用于涉及有毒有害和易燃易爆物质的生产、使用、贮运等的新建、改建、扩建和技术改造项目（不包括核建设项目）的环境风险评价。新建、改建、扩建和技术改造项目主要系指国家环境保护总局颁布的《建设项目环境保护管理名录》中的化学原料及化学品制造、石油和天然气开采与炼制、信息化学品制造、化学纤维制造、有色金属冶炼加工、采掘业、建材等新建、改建、扩建和技术改造项目。

本技术导则作为建设项目环境影响报告书环境风险评价篇章的编制与审核的技术依据。

2 规范性引用文件

下列文件中所含的条款通过本规范的引用即构成本规范的条文，与本导则同效。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导则。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本导则。

HJ/T2.1 环境影响评价技术导则 总纲

HJ/T2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

HJ/T2.3 环境影响评价技术导则 地面水环境

GB/T19485 海洋工程环境影响评价技术导则

GB 3095 环境空气质量标准

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T 14848 地下水质量标准

GB 3097 海水水质标准

GB11607 渔业水质标准

GB15618 土壤环境质量标准

GB18218 重大危险源辨识

GBZ2 工业场所有害因素职业接触限值

GB 50844 职业性接触毒物危害程度分级
TJ 36-79 工业企业设计卫生标准（居住区大气中有害物质最高允许浓度）
GB 5083 生产设备安全卫生设计总则
GBZ1 工业企业设计卫生标准
GB 12801 生产过程安全卫生要求总则

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

环境风险是指突发性事故对环境（或健康）的危害程度，用风险值 R 表征，其定义为事故发生概率 P 与事故造成的环境（或健康）后果 C 的乘积，用 R 表示，即：

$$R[\text{危害/单位时间}] = P[\text{事故/单位时间}] \times C[\text{危害/事故}]$$

3.2 建设项目环境风险评价

对建设项目建设和运行期间发生的可预测突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害）引起有毒有害、易燃易爆等物质泄漏，或突发事件产生的新的有毒有害物质，所造成的对人身安全与环境的影响和损害，进行评估，提出防范、应急与减缓措施。

3.3 最大可信事故

在所有预测的概率不为零的事故中，对环境（或健康）危害最严重的重大事故。

3.4 重大事故

指导致有毒有害物泄漏的火灾、爆炸和有毒有害物泄漏事故，给公众带来严重危害，对环境造成严重污染。

3.5 危险物质

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

3.6 功能单元

至少应包括一个（套）危险物质的主要生产装置、设施（贮存容器、管道等）及环保处理设施，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。每一个功能单元要有边界和特定的功能，在泄漏事故中能有与其它单元分割开的地方。

3.7 重大危险源

长期或短期生产、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功能单元。

3.8 临界量

对于某种或某类危险物质规定的数量，若功能单元中物质数量等于或超过该数量，则该功能单元定为重大危险源。

3.9 池火

可燃液体泄漏后流到地面形成液池，或流到水面并覆盖水面，遇到火源燃烧而形成池火。

3.10 喷射火

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。

3.11 火球和气爆

由于火种作用于容器，过热的容器导致低温可燃液体沸腾，使容器的内压加大，致使容器外壳强度减弱，直至爆炸，内容物释放并被点燃，形成火球。

3.12 突发火

泄漏的可燃气体、液体蒸发的蒸汽在空气中扩散，遇到火源发生突然燃烧而没有爆炸，不造成冲击波损害，但弥散气雾的延迟燃烧造成伤害。

3.13 化学爆炸

物质由于化学结构发生根本性变化，在瞬间放出大量能量并对外做功，引起的爆炸。分散的可燃性蒸气的突然或缓慢燃烧形成的气雾爆炸；在有限空间内混合可燃气体爆炸；反应失控或其他工艺反常所造成压力容器爆炸；不稳定的固体或液体爆炸，均属化学爆炸。

3.14 急性中毒

发生在短时间毒物高浓度情况下，引起人体机体发生某种损伤。

刺激：毒物影响呼吸系统、皮肤、眼睛。

麻醉：毒物影响人们的神经反射系统，使人反应迟钝。
窒息：因毒物使人体缺氧，身体氧化作用受损的病理状态。

3.15 慢性中毒
在较长时间接触低浓度毒物，引起人体机体发生某种损伤。

4 总则

4.1 环境风险评价的目的和重点

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危险、有害因素，建设项目建设和运行期间可能发生的突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害），引起有毒有害和易燃易爆等物质泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

环境风险评价应把事故引起厂（场）界外人群的伤害、环境质量的恶化及对生态系统影响的预测和防护作为评价工作重点。

环境风险评价在条件允许的情况下，可利用安全评价数据开展环境风险评价。环境风险评价与安全评价的主要区别是：环境风险评价关注点是事故对厂（场）界外环境的影响。

4.2 评价工作等级

4.2.1 根据评价项目的物质危险性和功能单元重大危险源判定结果，以及环境敏感程度等因素，将环境风险评价工作划分为一、二级。

4.2.2 经过对建设项目的初步工程分析，选择生产、加工、运输、使用或贮存中涉及的 1~3 个主要化学品，按附录 A.1，进行物质危险性判定。

4.2.2.1 凡符合附录 A.1 有毒物质判定标准序号为 1、2 的物质，属于剧毒物质；符合有毒物质判定标准序号 3 的属于一般毒物。

4.2.2.2 凡符合附录 A.1 易燃物质和爆炸性物质标准的物质，均视为火灾、爆炸危险物质。

4.2.2.3 敏感区系指《建设项目管理名录》中规定的需特殊保护地区、生态敏感与脆弱区及社会关注区。具体敏感区应根据建设项目和危险物质涉及的环境确定。

4.2.3 根据建设项目初步工程分析，划分功能单元。凡生产、加工、运输、使用或贮存危险性物质，且危险性物质的数量等于或超过临界量的功能单元，定为重大危险源。危险物名称及临界量见附录 A.1。

4.2.3.1 评价工作级别，按表 1 划分。

表 1 评价工作级别（一、二级）

	剧毒危险性物质	一般毒性危险物质	可燃、易燃危险性物质	爆炸危险性物质
重大危险源	一	二	一	一
非重大危险源	二	二	二	二
环境敏感地区	一	一	一	一

4.2.3.2 一级评价应按本标准对事故影响进行定量预测，说明影响范围和程度，提出防范、减缓和应急措施。

4.2.3.3 二级评价可参照本标准进行风险识别、源项分析和对事故影响进行简要分析，提出防范、减缓和应急措施。

4.3 评价工作程序

见图 1。

4.4 评价的基本内容

- (1) 风险识别
- (2) 源项分析
- (3) 后果计算
- (4) 风险计算和评价
- (5) 风险管理

二级评价可选择风险识别、最大可信事故及源项、风险管理及减缓风险措施等项，进行评价。

4.5 评价范围

对危险化学品按其伤害阈和 GBZ2 工业场所有害因素职业接触限值及敏感区位置，确定影响评价范围。

大气环境影响一级评价范围，距离源点不低于 5 公里；二级评价范围，距离源点不低于 3 公里范围。地面水和海洋评价范围按《环境影响评价技术导则地面水环境》规定执行。

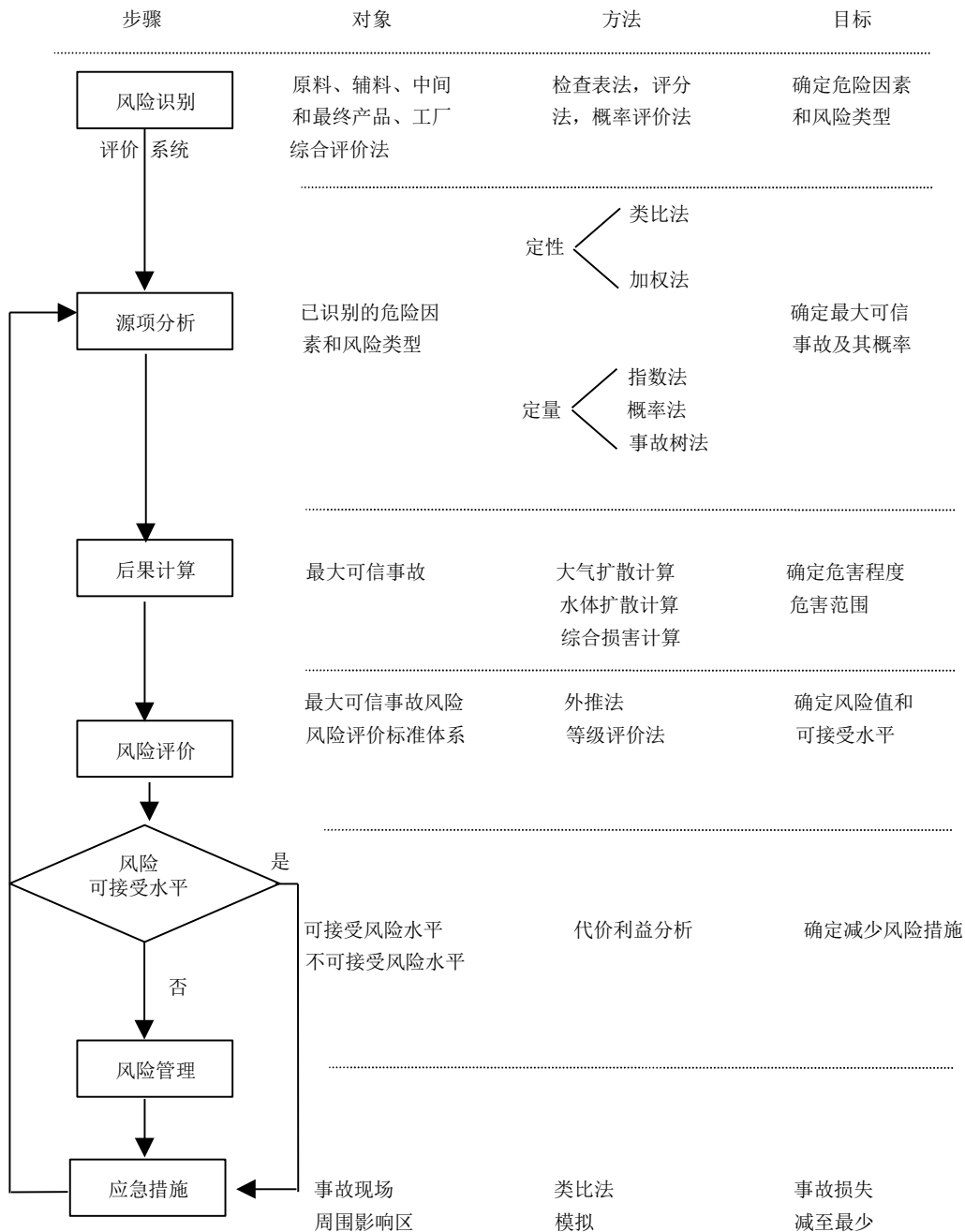


图 1 环境风险评价流程框图

5 风险识别

- 5.1 风险识别的范围和类型
- 5.1.1 风险识别范围包括生产设施风险识别和生产过程所涉及物质风险识别。
- 5.1.1.1 生产设施风险识别范围：主要生产装置、贮运系统、公用工程系统、工程环保设施及辅助生产设施等；
- 5.1.1.2 物质风险识别范围：主要原材料及辅助材料、燃料、中间产品、最终产品以及生产过程排放的“三废”污染物等。
- 5.1.2 风险类型：根据有毒有害物质放散起因，分为火灾、爆炸和泄漏三种类型。
- 5.2 风险识别内容
- 5.2.1 资料收集和准备
- 5.2.1.1 建设项目工程资料：可行性研究、工程设计资料、建设项目安全评价资料、安全管理体制及事故应急预案资料。
- 5.2.1.2 环境资料：利用环境影响报告书中有关厂址周边环境和区域环境资料，重点收集人口分布资料。
- 5.2.1.3 事故资料：国内外同行业事故统计分析及典型事故案例资料。

5.2.2 物质危险性识别

按附录 A.1 对项目所涉及的有毒有害、易燃易爆物质进行危险性识别和综合评价, 筛选环境风险评价因子。

5.2.3 生产过程潜在危险性识别

根据建设项目的生产特征, 结合物质危险性识别, 对项目功能系统划分功能单元, 按附录 A.1 确定潜在的危险单元及重大危险源。

6 源项分析

6.1 分析内容

确定最大可信事故的发生概率、危险化学品的泄漏量。

6.2 分析方法

定性分析方法: 类比法, 加权法和因素图分析法 (参见附录 B)。

定量分析法: 概率法和指数法 (参见附录 B)。

6.3 最大可信事故概率确定方法

事件树、事故树分析法或类比法 (参见附录 B)。

6.4 危险化学品的泄漏量

6.4.1 确定泄漏时间, 估算泄漏速率。

6.4.2 泄漏量计算包括液体泄漏速率、气体泄漏速率、两相流泄漏、泄漏液体蒸发量计算, 计算方法见附录 A.2。

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, 采用多烟团模式或分段烟羽模式、重气体扩散模式等计算。按一年气象资料逐时滑移或按天气取样规范取样, 计算各网格点和关心点浓度值, 然后对浓度值由小到大排序, 取其累积概率水平为 95% 的值, 作为各网格点和关心点的浓度代表值进行评价。

7.1.2 多烟团模式

在事故后果评价中采用下列烟团公式:

$$C(x, y, o) = \frac{2Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{(x-x_o)^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{(y-y_o)^2}{2\sigma_y^2}\right] \exp\left[-\frac{z_o^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad (7.1)$$

式中: $C(x, y, o)$ ——下风向地面 (x, y) 坐标处的空气中污染物浓度, mg/m^3 ;

x_o, y_o, z_o ——烟团中心坐标;

Q ——事故期间烟团的排放量;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ——为 X, Y, Z 方向的扩散参数, m。常取 $\sigma_x = \sigma_y$

对于瞬时或短时间事故, 可采用下述变天条件下多烟团模式:

$$C_w^i(x, y, o, t_w) = \frac{2Q'}{(2\pi)^{3/2} \sigma_{x,eff} \sigma_{y,eff} \sigma_{z,eff}} \exp\left(-\frac{H_e^2}{2\sigma_{x,eff}^2}\right) \exp\left\{-\frac{(x-x_w^i)^2}{2\sigma_{x,eff}^2} - \frac{(y-y_w^i)^2}{2\sigma_{y,eff}^2}\right\} \quad (7.2)$$

式中: $C_w^i(x, y, o, t_w)$ ——第 i 个烟团在 t_w 时刻 (即第 w 时段) 在点 $(x, y, 0)$ 产生的地面浓度;

Q' ——烟团排放量, mg, $Q' = Q\Delta t$; Q 为释放率, mg/s ; Δt 为时段长度, s;

$\sigma_{x,eff}, \sigma_{y,eff}, \sigma_{z,eff}$ ——烟团在 w 时段沿 x 、 y 和 z 方向的等效扩散参数, m, 可由下式估算:

$$\sigma_{j,eff}^2 = \sum_{k=1}^w \sigma_{j,k}^2 \quad (j = x, y, z) \quad (7.3)$$

式中:

$$\sigma_{j,k}^2 = \sigma_{j,k}^2(t_k) - \sigma_{j,k}^2(t_{k-1}) \quad (7.4)$$

x_w^i 和 y_w^i ——第 w 时段结束时第 i 烟团质心的 x 和 y 坐标, 由下述两式计算:

$$x_w^i = u_{x,w}(t - t_{w-1}) + \sum_{k=1}^{w-1} u_{x,k}(t_k - t_{k-1}) \quad (7.5)$$

$$y_w^i = u_{y,w}(t - t_{w-1}) + \sum_{k=1}^{w-1} u_{y,k}(t_k - t_{k-1}) \quad (7.6)$$

各个烟团对某个关心点 t 小时的浓度贡献, 按下式计算:

$$C(x, y, 0, t) = \sum_{i=1} C_i(x, y, o, t) \quad (7.7)$$

式中 n 为需要跟踪的烟团数, 可由下式确定:

$$C(x, y, 0, t) \leq f \sum_{i=1} C_i(x, y, o, t) \quad (7.8)$$

式中, f 为小于 1 的系数, 可根据计算要求确定。

7.1.3 分段烟羽模式

当事故排放源项持续时间较长时 (几小时至几天), 可采用高斯烟羽公式计算,:

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y_r^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h - z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h + z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (7.9)$$

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。

短期扩散因子 (C/Q) 可表示为:

$$(C/Q) = \frac{1}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y_r^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h - z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z_s + \Delta h + z_r)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (7.10)$$

式中: Q ——污染物释放率, mg/s ;

Δh ——烟羽抬升高度;

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, 扩散参数按 (7.4) 计算。

7.1.4 重气体扩散模式

重气体扩散采用 Cox 和 Carpenter 稠密气体扩散模式, 计算稳定连续释放和瞬时释放后不同时间时的气团扩散。气团扩散按下式计算:

在重力作用下的扩散:

$$\frac{dR}{dt} = [Kgh(\rho_2 - 1)]^{\frac{1}{2}} \quad (7.11)$$

在空气的夹卷作用下扩散:

$$Q_e = \gamma \frac{dR}{dt} \quad (\text{从烟雾的四周夹卷}) \quad (7.12)$$

$$U_e = \frac{au_1}{R_i} \quad (\text{从烟雾的顶部夹卷}) \quad (7.13)$$

式中: R ——瞬间泄漏的烟云形成半径;

h ——圆柱体的高;

γ ——边缘夹卷系数, 取 0.6;

a ——顶部夹卷系数, 取 0.1;

u_1 ——风速, m/s ;

K ——试验值, 一般取 1;

R_i ——Richardson 数, 由下式得出:

$$Ri = \frac{gl(\rho_{c,\alpha} - 1)}{(U_1)^2} \quad (7.15)$$

α ——经验常数, 取 0.1;

U_1 ——轴向紊流速度;

l ——紊流长度;

7.2 有毒有害物质在水中的扩散

7.2.1 有毒物质在河流中的扩散预测

采用 HJ/T2.3 推荐的地表水扩散数学模式。

7.2.2 有毒物质在湖泊中的扩散预测

采用 HJ/T2.3 推荐的湖泊扩散数学模式。

7.2.3 油在海湾、河口的扩散模式

7.2.3.1 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:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{1}{H} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(E_x H \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y H \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right] - K_1 C + f \quad (7.15)$$

式中: $f = \frac{q_0 C_0}{\Delta \cdot H}$ ——源强;

Δ ——三角形有污染面的面积;

H ——油膜混合的深度;

7.2.3.2 油膜扩展计算公式

突发事故溢油的油膜计算采用 P, C, Blokker 公式。

假设油膜在无风条件下呈圆形扩展, 采用下式:

$$D_t^3 = D_0^3 + \frac{24}{\Pi} k(\gamma_w - \gamma_o) \frac{\gamma_o}{\gamma_w} V_0 t \quad (7.16)$$

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 、 γ_o ——水和石油的比重;

V_0 ——计算的溢油量, m^3 ;

K ——常数, 对中东原油一般取 15000 /min;

t ——时间, min;

7.2.4 有毒有害物质在海洋的扩散模式

采用《海洋工程环境影响评价技术导则》推荐的模式。

8 风险计算和评价

8.1 风险值

风险值是风险评价表征量, 包括事故的发生概率和事故的危害程度。定义为:

$$\text{风险值} \left(\frac{\text{后果}}{\text{时间}} \right) = \text{概率} \left(\frac{\text{事故数}}{\text{单位时间}} \right) \times \text{危害程度} \left(\frac{\text{后果}}{\text{每次事故}} \right) \quad (8.1)$$

8.2 风险评价原则

8.2.1 大气环境风险评价, 首先计算浓度分布, 然后按 GBZ2《工作场所有害因素职业接触限值》规定的短时间接触容许浓度给出该浓度分布范围及在该范围内的人口分布。

8.2.2 水环境风险评价，以水体中污染物浓度分布、包括面积及污染物质质点轨迹漂移等指标进行分析，浓度分布以对水生生态损害阈作比较。

8.2.3 对以生态系统损害为特征的事故风险评价，按损害的生态资源的价值进行比较分析，给出损害范围和损害值。

8.2.4 鉴于目前毒理学研究资料的局限性，风险值计算对急性死亡、非急性死亡的致伤、致残、致畸、致癌等慢性损害后果目前尚不计入。

8.3 风险计算

8.3.1 后果综述用图或表综合列出有毒有害物质泄漏后所造成的多种危害后果。

8.3.2 危害计算

8.3.2.1 任一毒物泄漏，从吸入途径造成的效应包括：感官刺激或轻度伤害、确定性效应（急性致死）、随机性效应（致癌或非致癌等效致死率）。如前述，这里只考虑急性危害。

毒性影响通常采用概率函数形式计算有毒物质从污染源到一定距离能造成死亡或伤害的经验概率的剂量。

概率 Y 与接触毒物浓度及接触时间的关系为：

$$Y = A_t + B_t \log_e [D^n \cdot t_e]$$

式中： A_t 、 B_t 和 n 与毒物性质有关；

D ——接触的浓度， kg/m^3 ；

t_e ——接触时间， s ；

$D^n \cdot t_e$ ——毒性负荷。在一个已知点其毒性浓度随着雾团的通过和稀释而变化。

鉴于目前许多物质的 A_t 、 B_t 、 n 参数有限，因此在危害计算中仅选择对有成熟参数的物质按上述计算式进行详细计算。

在实际应用中，可用简化分析法，用 $\text{LC}(50)$ 浓度来求毒性影响。若事故发生后下风向某处，化学污染物 i 的浓度最大值 D_{imax} 大于或等于化学污染物 i 的半致死浓度 LC_{i50} ，则事故导致评价区内因发生污染物致死确定性效应而致死的人数 C_i 由下式给出：

$$C_i = \sum_{\text{ln}} 0.5N(X_{i\text{ln}}, Y_{j\text{ln}})$$

式中 $N(X_{i\text{ln}}, Y_{j\text{ln}})$ 表示浓度超过污染物半致死浓度区域中的人数。

8.3.2.2 最大可信事故所有有毒有害物质泄漏所致环境危害 C ，为各种危害 C_i 总和：

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

8.3.2.3 最大可信灾害事故对环境所造成的风险 R 按下式计算：

$$R = P \cdot C$$

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）；

8.3.3 风险评价需要从各功能单元的最大可信事故风险 R_j 中，选出危害最大的作为本项目的最大可信灾害事故，并以此作为风险可接受水平的分析基础。即：

$$R_{\text{max}} = f(R_j)$$

8.4 风险评价

风险可接受分析采用最大可信灾害事故风险值 R_{max} 与同行业可接受风险水平 R_L 比较：

$R_{\text{max}} \leq R_L$ 则认为本项目的建设，风险水平是可以接受的。

$R_{\text{max}} > R_L$ 则对该项目需要采取降低安全的措施，以达到可接受水平，否则项目的建设是不可接受的。

9 风险管理

9.1 风险防范措施

9.1.1 选址、总图布置和建筑安全防范措施

厂址及周围居民区、环境保护目标设置卫生防护距离，厂区周围工矿企业、车站、码头、交通干道等设置安全防护

距离和防火间距。厂区总平面布置符合防范事故要求，有应急救援设施及救援通道、应急疏散及避难所。

9.1.2 危险化学品贮运安全防范措施

对贮存危险化学品数量构成危险源的贮存地点、设施和贮存量提出要求，与环境保护目标和生态敏感目标的距离符合国家有关规定。

9.1.3 工艺设计设计安全防范措施

自动监测、报警、紧急切断及紧急停车系统；防火、防爆、防中毒等事故处理系统；应急救援设施及救援通道；应急疏散通道及避难所。

9.1.4 自动控制设计安全防范措施

有可燃气体、有毒气体检测报警系统和在线分析系统设计方案。

9.1.5 电气、电讯安全防范措施

爆炸危险区域、腐蚀区域划分及防爆、防腐方案。

9.1.6 消防及火灾报警系统

9.1.7 紧急救援站或有毒气体防护站设计

9.2 应急预案

应急预案的主要内容见表 9：

表 9 应急预案内容

序号	项目	内容及要求
1	应急计划区	危险目标：装置区、贮罐区、环境保护目标
2	应急组织机构、人员	工厂、地区应急组织机构、人员
3	预案分级响应条件	规定预案的级别及分级响应程序
4	应急救援保障	应急设施，设备与器材等
5	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式和交通保障、管制
6	应急环境监测、抢险、救援及控制措施	由专业队伍负责对事故现场进行侦察监测，对事故性质、参数与后果进行评估，为指挥部门提供决策依据
7	应急检测、防护措施、清除泄漏措施和器材	事故现场、邻近区域、控制防火区域，控制和清除污染措施及相应设备
8	人员紧急撤离、疏散，应急剂量控制、撤离组织计划	事故现场、工厂邻近区、受事故影响的区域人员及公众对毒物应急剂量控制规定，撤离组织计划及救护，医疗救护与公众健康
9	事故应急救援关闭程序与恢复措施	规定应急状态终止程序 事故现场善后处理，恢复措施 邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
10	应急培训计划	应急计划制定后，平时安排人员培训与演练
11	公众教育和信息	对工厂邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息

附录A (规范性附录)

附录 A.1 评价等级判定依据

表 1 物质危险性标准

		LD ₅₀ (大鼠经口) mg/kg	LD ₅₀ (大鼠经皮) mg/kg	LC ₅₀ (小鼠吸入, 4 小时) mg/L
有毒物质	1	<5	<1	<0.01
	2	5<LD ₅₀ ≤25	10<LD ₅₀ ≤50	0.1<LC ₅₀ ≤0.5
	3	25<LD ₅₀ ≤200	50<LD ₅₀ ≤400	0.5<LC ₅₀ ≤2
易燃物质	1	可燃气体—在常压下以气态存在并与空气混合形成可燃混合物; 其沸点(常压下)是 20℃或 20℃以下的物质		
	2	易燃液体—闪点低于 21℃, 沸点高于 20℃的物质		
	3	可燃液体—闪点低于 55℃, 压力下保持液态, 在实际操作条件下(如高温高压)可以引起重大事故的物质		
爆炸性物质		在火焰影响下可以爆炸, 或者对冲击、摩擦比硝基苯更为敏感的物质		

表 2 有毒物质名称及临界量

序号	物质名称	生产场所临界量(吨)	贮存场所临界量(吨)
1	氨	40	100
2	氯	10	25
3	碳酰氯	0.30	0.75
4	一氧化碳	2	5
5	三氧化硫	30	75
6	硫化氢	2	5
7	氟化氢	2	5
8	羰基硫	2	5
9	氯化氢	20	50
11	砷化氢	0.4	1
12	铋化氢	0.4	1
13	磷化氢	0.4	1
14	硒化氢	0.4	1
15	六氟化硒	0.4	1
16	六氟化碲	0.4	1
17	氰化氢	8	20
18	氯化氰	8	20
19	乙撑亚胺	8	20
20	二硫化碳	40	100
21	氮氧化物	20	50
22	氟	8	20
23	二氟化氧	0.4	1
24	三氟化氯	8	20

序号	物质名称	生产场所临界量 (吨)	贮存场所临界量 (吨)
25	三氟化硼	8	20
26	三氯化磷	8	20
27	氧氯化磷	8	20
28	二氯化硫	0.4	1
29	溴	40	100
30	硫酸(二)甲酯	20	50
31	氯甲酸甲酯	8	20
32	八氟异丁烯	0.30	0.75
33	氯乙烯	20	50
34	2—氯—1, 3 丁二烯	20	50
35	三氯乙烯	20	50
36	六氟丙烯	20	50
37	3—氯丙烯	20	50
38	甲苯 2, 4—二异氰酸酯	40	100
39	异氰酸甲酯	0.30	0.75
40	丙烯腈	40	100
42	乙腈	40	100
43	丙酮氰醇	40	100
44	2—丙烯—1—醇	40	100
45	丙烯醛	40	1000
46	3-氨基丙烯	40	100
47	苯	20	50
48	甲基苯	40	100
49	二甲苯	40	100
50	甲醛	20	50
51	烷基铅类	20	50
52	羰基镍	0.4	1
53	乙硼烷	0.4	1
54	戊硼烷	0.4	1
55	3—氯—1, 2—环氧丙烷	20	50
56	四氯化碳	20	50
57	氯甲烷	20	50
58	溴甲烷	20	50
59	氯甲基甲醚	20	50
60	一甲胺	20	50
61	二甲胺	20	50
62	二甲苯	40	100
63	N,N—二甲基甲酰胺	20	50
64	氯酸钾	2	20
65	过氧化钾	2	20
66	过乙酸(浓度大于 60%)	1	10
67	过氧化顺式丁烯二酸叔丁酯	1	10
68	过氧化(二)异丁酰(浓度大于 50%)	1	10

表中 64~68 为活性化学物质。

表 3 易燃物质名称及临界量

序号	物质名称	生产场所临界量（吨）	贮存区临界量（吨）
1	正戊烷	2	20
2	环戊烷	2	20
3	甲醇	2	20
4	乙醚	2	20
3	乙酸甲酯	2	20
4	汽油	2	20
5	2—丁烯—1—醇	10	100
6	正丁醚	10	100
7	乙酸正丁酯	10	100
8	环己胺	10	100
9	乙酸	10	100
10	乙炔	1	10
11	1，3—丁二烯	1	10
12	环氧乙烷	1	10
13	石油气	1	10
14	天然气	1	10

表 4 爆炸性物质名称及临界量

	物质名称	生产场所临界量（吨）	储存区临界量（吨）
1	硝化丙三醇	0， 1	1
2	二乙二醇二硝酸酯	0， 1	1
3	迭氮（化）钡	0， 1	1
4	迭氮（化）铅	0， 1	1
5	2， 4， 6-三硝基苯酚	5	50
6	2， 4， 6-三硝基苯胺	5	50
7	三硝基苯甲醚	5	50
8	二硝基（苯）酚 5	5	50
9	2， 4， 6-三硝基甲苯	5	50
10	硝化纤维素	10	100
11	硝酸铵	25	250
12	1， 3， 5-三硝基苯	5	50
13	2， 4， 6-三硝基间苯二酚	5	50
14	六硝基-1， 2-二苯乙烯	5	50

附录 A.2 泄漏量计算

A2.1 液体泄漏速率

液体泄漏速度 Q_L 用柏努利方程计算:

$$Q_L = C_d A \rho \sqrt{\frac{2(P - P_0)}{\rho} + 2gh}$$

式中: Q_L ——液体泄漏速度, kg/s;

C_d ——液体泄漏系数, 此值常用 0.6~0.64。

A ——裂口面积, m^2 ;

P ——容器内介质压力, Pa;

P_0 ——环境压力, Pa;

g ——重力加速度。

h ——裂口之上液位高度, m。

本法的限制条件: 液体在喷口内不应有急剧蒸发。

A2.2 气体泄漏速率

当气体流速在音速范围 (临界流):

$$\frac{P_0}{P} \leq \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa + 1}}$$

当气体流速在亚音速范围 (次临界流):

$$\frac{P_0}{P} > \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

式中: P ——容器内介质压力, 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。

假定气体的特性是理想气体, 气体泄漏速度 Q_G 按下式计算:

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

式中: Q_G ——气体泄漏速度, kg/s;

P ——容器压力, Pa;

C_d ——气体泄漏系数;

当裂口形状位圆形时取 1.00, 三角形时取 0.95, 长方形时取 0.90;

A ——裂口面积, m^2 ;

M ——分子量;

R ——气体常数, J/(mol · K);

T_G ——气体温度, K;

Y ——流出系数, 对于临界流 $Y=1.0$ 对于次临界流按下式计算:

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

A2.3 两相流泄漏

假定液相和气相是均匀的，且互相平衡，两相流泄漏计算按下式：

$$Q_{LG} = C_d A \sqrt{2 \rho_m (P - P_C)}$$

式中：\$Q_{LG}\$——两相流泄漏速度，kg/s；

\$C_d\$——两相流泄漏系数，可取 0.8；

\$A\$——裂口面积，m²；

\$P\$——操作压力或容器压力，Pa；

\$P_C\$——临界压力，Pa，可取 \$P_C=0.55P\$；

\$\rho_m\$——两相混合物的平均密度，kg/m³，由下式计算：

$$\rho_m = \frac{1}{\frac{F_V}{\rho_1} + \frac{1-F_V}{\rho_2}}$$

式中：\$P_1\$——液体蒸发的蒸气密度，kg/m³；

\$P_2\$——液体密度，kg/m³；

\$F_V\$——蒸发的液体占液体总量的比例，由下式计算：

$$F_V = \frac{C_p (T_{LG} - T_C)}{H}$$

式中：\$C_p\$——两相混合物的定压比热，J/(kg·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，这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。

A2.4 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，其蒸发总量为这三种蒸发之和。

A2.4.1 闪蒸量的估算

过热液体闪蒸量可按式估算

$$Q_1 = F \cdot W_T / t_1$$

式中：\$Q_1\$——闪蒸量，kg/S；

\$W_T\$——液体泄漏总量，kg；

\$t_1\$——闪蒸蒸发时间，s；

\$F\$——蒸发的液体占液体总量的比例；按下式计算

$$F = C_p \frac{T_L - T_b}{H}$$

式中：\$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\$——液体的气化热，J/kg。

A2.4.2 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，并吸收地面热量而气化称为热量蒸发。热量蒸发的蒸发速度 \$Q_2\$ 按下式计算：

$$Q_2 = \frac{\lambda S \times (T_0 - T_b)}{H \sqrt{\pi \alpha t}}$$

式中：\$Q_2\$——热量蒸发速度，kg/s；

T_0 ——环境温度, k;
 T_b ——沸点温度; k;
 S ——液池面积, m^2 ;
 H ——液体气化热, J/kg;
 λ ——表面热导系数 (见表 A2-1), $W/m \cdot k$;
 α ——表面热扩散系数 (见表 A2-1), m^2/s ;
 t ——蒸发时间, s。

表 A2-1 某些地面的热传递性质

地面情况	λ ($W/m \cdot k$)	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}

A2.4.3 质量蒸发估算

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 Q_3 按下

$$Q_3 = a \times p \times M / (R \times T_0) \times u^{(2-n)/(2+n)} \times r^{(4+n)/(2+n)}$$

式中: Q_3 ——质量蒸发速度, kg/s;

a , n ——大气稳定度系数, 见表 A2-2;

p ——液体表面蒸气压, Pa;

R ——气体常数; J/mol · k;

T_0 ——环境温度, k;

u ——风速, m/s;

r ——液池半径, m。

表 A2-2 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 (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。

A2.4.4 液体蒸发总量的计算

$$W_p = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + Q_3 t_3$$

式中: W_p ——液体蒸发总量, kg;

Q_1 ——闪蒸蒸发液体量, kg;

Q_2 ——热量蒸发速率, kg/s;

t_1 ——闪蒸蒸发时间, s;

t_2 ——热量蒸发时间, s;

Q_3 ——质量蒸发速率, kg/s;

t_3 ——从液体泄漏到液体全部处理完毕的时间, s。

附录B (资料性附录)

附录 B 定性和定量分析方法使用说明

- B.1 根据环境风险识别，视危险源具体情况，按 6.2 节推荐，选取定性和定量分析方法进行源项分析。
- B.2 定性分析方法，包括类比法、加权法、因素图法等，首推类比法。
- B.3 定量分析方法，包括道化学公司火灾、爆炸危险指数法（七版）、事件树分析法、故障树分析法等。
- B.4 以上定性定量分析方法参阅《环境风险评价实用技术和方法》（胡二邦主编，中国环境出版社），《危险化学品安全评价》（国家安全生产监督管理局编，中国石化出版社）。