

“三阶段法”应对灾害毒理学事件

廖慧敏,吴 超,李汝军

中南大学资源与安全工程学院,长沙 410083

1 灾害毒理学事件

灾害毒理学事件是指源于地球内部物理化学演化、外部自然和人为因素,在一定场所和时间段内,外源物或有毒副作用物质通过累积或突发的超过其临界阈值对生物体或环境产生有害影响,并超过承灾体承受能力造成较大人员伤亡、经济损失和生态环境破坏的事件。

根据引起灾害毒理学事件的不同致灾因子,可将灾害毒理学事件按图 1 所示初步分类。自然灾害毒理学事件是各种自然物质和能量作用引发的人类难以支配和操纵的事件。该类事件暴发频率低且周期长,会造成较大的人员伤亡和灾害损失,事件结果难以控制。人为灾害毒理学事件是人类在生产生活过程中各种不合理、失误或故意破坏性行为所致的事件。该类事件暴发频率高且周期短,会造成较大灾害损失和人员伤亡,可通过改进人为操作和加强管理等使其得到控制。有些灾害毒理学事件可能是由两种或多种因素共同作用产生的,因此在划分事件类型时具有一定灵活性。

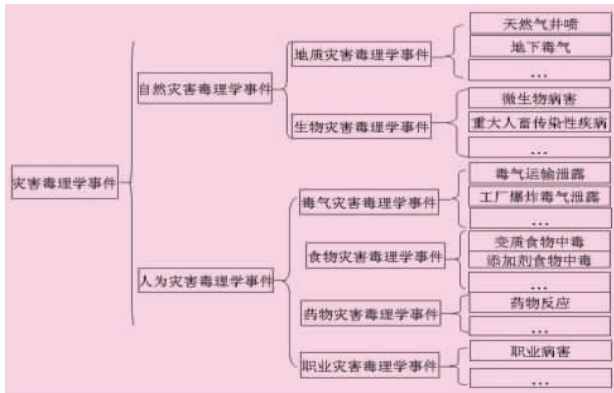


图 1 灾害毒理学事件的分类

灾害毒理学是以灾害毒理学事件为研究对象,运用毒理学、灾害学基本实验方法对灾害毒理学事件进行危险度评定和灾害等级鉴定,研究其发生、发展和演变规律,找出类似事件在国家及全球发生、分布的规律,制定和完善相应灾害毒理学事件防灾减灾应急预案和法规的一门综合性学科。

2 灾害毒理学事件应对措施

“灾害四阶段”理论^[1]已为世界许多国家和地区采用,预防阶段、应急阶段、恢复阶段、减灾阶段不断地循环构成灾害救灾减灾的有机循环链。引入灾害救灾循环链的目的是为了更好地讨论灾害毒理学事件中各阶段的应对措施,从而制定解决某类灾害毒理学事件的综合应对措施。图 2 列出了灾害毒理学事件的综合处理措施,可称为“灾害毒理学事件应对措施三阶段法”(以下简称“三阶段法”)。“三阶段法”各阶段的各项应对措施不是孤立的,而是一个彼此联系的整体,在处理灾害毒理学事件实践中,应根据各类具体事件特点,因地制宜进行各项措施组合。

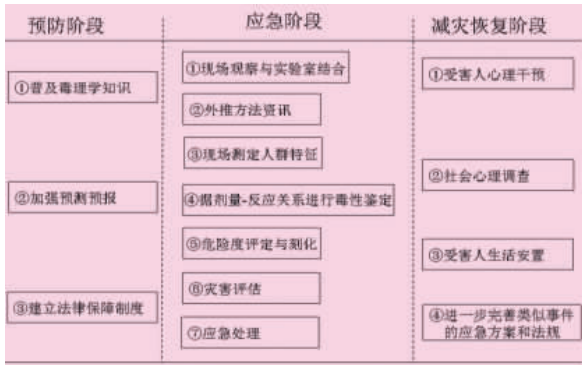


图 2 灾害毒理学事件的综合应对措施

3 “三阶段法”实践案例

在公共场所投放毒气、毒剂破坏社会公共秩序,造成重大人员伤亡和经济损失的灾害毒理学事件并不罕见^[2]。对于这类突发性灾害毒理学事件需事先建立相应的系统应对措施,减少生命财产损失,将灾害影响降至最低。其“三阶段法”应对措施流程如图 3 所示。

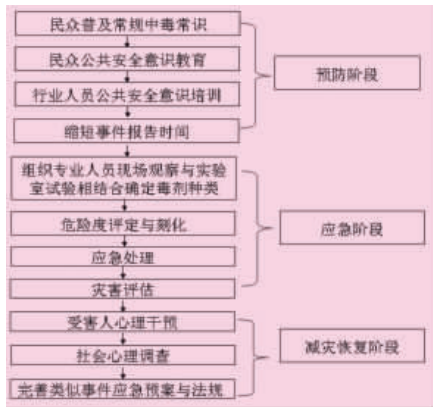


图 3 公共场所毒气、毒剂事件三阶段法流程

3.1 预防阶段

在预防阶段所作的毒理学知识普及与公众公共安全意识教育是一项长期系统工作,需要一代或几代人坚持不懈的努力,在短期内很难达到预期效果,但不能忽视短期工作的积累。该阶段的应对措施如图 4 所示。

3.2 应急阶段

在毒气、毒剂灾害性毒理学事件发生后,应急阶段的工作非常关键,其对减少人员伤亡和财产损失具有重要意义。

3.2.1 临床观察

采用现场调查与实验室研究相结合进行毒气毒剂种类鉴定,在现场调查方面,对毒气毒剂的性质、来源和分布,人群接触毒气毒剂的原因、方式和接触程度进行调查,同时对人群进行体检,结合实验室的辅助检查,观察毒气毒剂对人体健康的影响。在实验

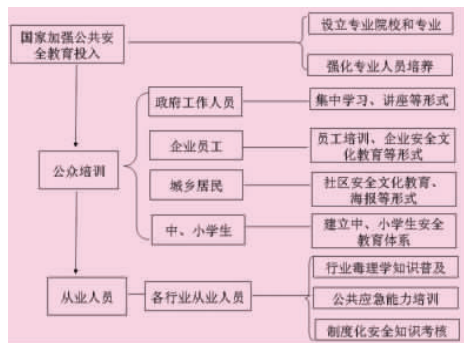


图4 毒气、毒剂事件预防措施

室研究方面,应采用化学方法与生物学方法相结合,运用分析化学手段,研究毒气毒剂化学物的组成和杂质鉴定,以及不同条件下其稳定性、溶解度等理化特性。

3.2.2 危险度评定与刻画

危险度评定是系统科学地分析因接触危害因素或条件而引起的对健康、生态环境有害作用的过程。“危险度”指有害影响发生的概率^[3]。

1) 危害识别。① 结构-活性关系(SAR)。毒气毒剂化合物的结构、溶解度、稳定性、pH 敏感性、亲电子程度、化学反应性等,均可作为毒气毒剂危险度评定的危害识别提供参考;② 体外和短期毒性试验。对毒气毒剂进行体外试验和短期毒性测试。

2) 危险度刻画。① 剂量-反应评定。包括阈值和非阈值两类评定方法。前者一般用于毒气毒剂非致癌效应终点的剂量-反应评定,后者用来评定毒气毒剂化学物致癌效应的剂量-反应关系;② 接触评定。确定与危险度有关的所有接触途径,把每一途径的接触都定量化,将各个途径的接触相加,计算出总接触量。

3.2.3 应急医学处理

组织医学专业人员将中毒者迅速移离现场。脱去污染衣物,严密进行临床观察,必要时供氧。眼睛及皮肤污染迅速用流水冲洗,并给予对症和支持疗法。

将此类灾害性毒气毒剂事件按照突发性公共事件进行应急管理,充分发挥政府与民间组织在处理灾害毒理学事件中的作用,必要时启动应急预案,科学处理突发性毒气毒剂灾害性事件,将人员伤亡与财产损失降至最低。

3.2.4 灾害评估

1) 灾害损失评估指标体系构建。毒气毒剂灾害毒理学事件会影响诸多方面,对其灾害损失评估涉及到人员伤亡指标、财产损失指标、环境指标等多个指标,其评估指标体系如图5所示。

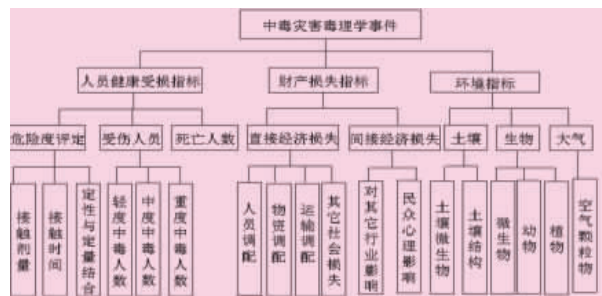


图5 毒气、毒剂灾害毒理学事件损失评估体系

2) 灾级评估。以图5构建的灾害毒理学事件评价体系为基础,运用模糊聚类分析与等级模式识别相结合进行灾害等级评估。

① 搜集已发生的毒气毒剂灾害毒理学事件数据,将数据归

为图5中的3类损失指标进行数据归一化转换。

② 对标准化处理后的数据进行模糊聚类分析:(i) 确定待分类的毒气毒剂灾害性事件,收集符合条件的样本数据,待分类的全体样本构成论域 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, 其中每一样本的特征数为 $u_i=(v_1, v_2, \dots, v_m), i=1, 2, \dots, m$; (ii) 建立 F 相似关系, 设矩阵 $R=(r_{ij})^{m \times n}, r_{ij} \in [0, 1]$, 则称 R 为 F 矩阵, r_{ij} 为 F 矩阵的元素。对有限论域 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}, V=\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, 若元素 $r_{ij}=R(u_i, v_j)$, 则 F 矩阵 $R=(r_{ij})^{m \times n}$ 表示从 U 到 V 的一个 F 关系。 R 表示相似矩阵 $r_{ij}=R(u_i, u_j)$, 相似系数 $r_{ij} \in [0, 1]$, 其大小表示两事物的彼此相似程度。相似系数的确定方法有夹角余弦法、相关系数法等, 可根据需要合理选择; (iii) 将 R 相似矩阵改造成 F 等价矩阵, 采用平方法求出 R 的传递闭包 $t(R)$, 即从模糊矩阵 R 出发, 依次求平方: $R \rightarrow R^2 \rightarrow R^4 \dots$, 当第一次出现 $R^k \cdot R^k = R^k$ 时, 表明 R^k 已具有传递性, R^k 就是所求的传递包 $t(R)$; (iv) 模糊聚类, 在 R 改造成模糊等价矩阵 R^k 后可在适当的限定值 λ 水平上进行截取, 当 λ 由 1 逐步降至 0 时, 由 F 等价关系 R 确定的分类所含元素由少变多, 逐步归并成一类, 从而获得所需的一个动态聚类图分类。

③ 毒气毒剂灾害性事件等级划分。根据动态聚类图, 对已发生的毒气毒剂灾害性事件的聚类结果确定一个明确分类。然后根据各事件指标值的变化, 进行灾害等级划分。

④ 新毒气毒剂灾害性事件的灾害等级模式识别。模糊优先比相似识别的基本步骤:(i) 设论域 $X=\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, 其中任意 $X_i, X_j \in X (i, j=1, 2, \dots, n), X_0$ 为固定待识别样本。以 c_{ij} 表示成对样本 X_i, X_j 与 X_0 的相似优先比, 即 $c_{ij}=D_j/(D_i+D_j)$, 其中, $D_i=|X_i-X_0|, D_j=|X_j-X_0|$ 。可得模糊相似优先比关系 R 为映射: $R=(c_{ij})^{n \times n}, i, j=1, 2, \dots, n$, 模糊矩阵 $C=[c_{ij}]^{n \times n}$ 为相似优先比关系矩阵; (ii) 利用不同的 λ 水平截割, $\lambda \in [0, 1]$, 得 C 的 λ 截矩阵 $C^{(\lambda)}=(c_{ij}^{(\lambda)})$, 当 $c_{ij} \geq \lambda, c_{ij}^{(\lambda)}=1$; 当 $c_{ij} < \lambda, c_{ij}^{(\lambda)}=0$; (iii) 令 λ 从 1 到 0 逐渐变化, 当 $c_{ij}^{(\lambda)}$ 首次出现某一行除对角线外全部为 1 时, 则认为该行元素为第一优先相似, 划去该行该列, 在相似优先比关系矩阵中除去第 1 优越元素, 可得到新的优先关系矩阵。依此类推, 可将全部元素排出相似优先比顺序; (iv) 当样本包含多个特征因素时, 首先取每样本第一个因素按上述方法求其相似优先比序号, 然后将每个样本的诸因素序号求和, 最后将总序号和排序, 序号和越小, 该样本与固定样本相似程度越接近。

格贴近度模糊模式识别基本步骤: 列出待识别样本与固定亲和性模式样本因素集; 计算待识别样本与相邻优先顺序两固定亲和性模式样本的格贴近度, 格贴近度的表达式为 $N(A, B)=\left[\bigvee_{u \in U}(A(u) \wedge B(u))\right] \wedge\left[1-\left(\bigwedge_{u \in U}(A(u) \vee B(u))\right)\right]$; 根据格贴近度大小确定待识别新发生的毒气毒剂灾害毒理学事件的灾情等级。

3.3 减灾恢复阶段的应对措施

1) 民众的心理干预。该类事件的发生比较突然, 民众缺乏心理缓冲时间, 对其心理影响很大, 而且有些毒害事件发生后对人体健康和环境危害持续时间很长。此类事件发生后, 对受害人及事件影响者的心理干预必不可少。

2) 总结事件的特点与经验, 进一步完善类似事件的应急预案和相关法律法规。

参考文献 (References)

- [1] 张丽萍, 张妙仙. 环境灾害学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] 周志俊, 金锡鹏. 世界重大灾害事件记事[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2004.
- [3] 付立杰. 现代毒理学及其应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2001.

(责任编辑 陈广仁)