

# 民用爆炸物品储存库爆炸环境风险值的计算

林 剑<sup>1</sup>, 邹 梓<sup>1,2</sup>, 唐从国<sup>1</sup>, 肖唐付<sup>1</sup>, 陈 娟<sup>1,2</sup>

1 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

2 中国科学院研究生院, 北京 100039

**摘 要:** 针对民用爆炸物品储存库所存物品具有易爆的高度危险属性, 针对该类项目风险类型为爆炸的特征, 建立了从爆炸导致的冲击波、飞石、爆轰产物致人死亡数求算风险事故危害值, 进而计算出风险值的方法。通过实例计算, 证实了该风险值计算方法是一种针对性、可操作性、实用性较强的评价方法, 为类似工程的风险评价提供了有益借鉴。同时, 也为民用爆炸物品储存库选址阶段提供了较为快捷的合理性判断方法。

**关键词:** 爆炸; 环境风险; 计算

中图分类号: X820.4 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2009)04-0426-04

民用爆炸物品是指用于非军事目的、列入民用爆炸物品品名表的各类火药、炸药及其制品和雷管、导火索等点火、起爆器材<sup>[1]</sup>。民爆产品广泛用于矿业开采及能源、交通、建筑、农林水利、地震勘探、化工以及国防等建设领域, 分布广而分散的民用爆炸物品储存库由于所储存物品具有易爆的高度危险属性, 直接涉及人民群众生命财产安全, 这些灾难性事故的发生概率虽然很小, 但影响程度往往是巨大的。因此, 民爆物品储存库的环境风险防范至关重要, 其中, 项目选址的可行性和可靠性首当其冲。

从环境保护角度看, 最为关注的不是民用爆炸物品储存库爆炸事故发生的概率, 而是爆炸事故发生后的环境影响后果是否能接受。也就是说, 环境影响评价中爆炸事故风险值的科学、准确的计算, 直接关系到选址的合理性, 关系到最大程度地规避需要受到特别保护的环境介质和人群的爆炸事故环境风险。

风险值作为环境风险评价表征量, 为事故发生概率与危害程度的乘积。其中危害程度以环境风险可能导致的死亡人数来表征最为直观。一般来说, 在一定时间、一定管理水平的前提下, 民爆行业的风险概率是一定的, 那么, 确定风险值关键在于危害程度(死亡人数)的求算, 危害程度的量化指标的选取

及其计算方法, 就成为了研究的焦点。只要得出民爆物品储存库最大可信灾害事故风险值  $R_{max}$ , 并同行业可接受风险水平  $R_L$  比较, 就能量化的判别出拟选场址的环境风险合理性。

民爆物品对环境造成最大风险类型为爆炸。爆炸是物质的一种非常急剧的物理、化学变化, 也是大量能量在短时间内迅速释放或急剧转化成机械功的现象。爆炸危害的主要方式是产生冲击波、飞散物、爆轰产物等对人员造成伤亡。爆炸冲击波对人员杀伤的主要征象是引起听觉器官的损伤, 肺、肝、脾内脏器官的损伤, 内脏出血直至死亡; 爆炸所掀起的碎片、砖石等固体飞散物也会对人群造成损伤; 爆轰产物对周边人群产生伤害。因此, 对民爆物品储存库的爆炸风险危害程度确定时, 应当将冲击波、飞散物、爆轰产物所造成的危害全部纳入考虑的范畴。

## 1 民用爆炸物品储存库环境风险值计算思路

根据储存库布局及所储存物品的性质, 识别出风险物质、风险评价单元。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2004), 确定评价工作等级, 进而确定评价范围, 从而确定周边人员分布及其居住环境的调查范

收稿日期: 2009-03-28; 改回日期: 2009-09-03

第一作者简介: 林剑(1967-), 男, 研究员, 主要从事环境影响评价工作。E-mail: linjian@vip.gyig.ac.cn

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

围。

通过源项分析,确定最大可信事故及其概率,针对最大可信事故,进行爆炸冲击波、爆炸飞石、爆轰产物的事故风险对人群的影响范围和程度。

将爆炸事故的各种危害范围的计算结果,结合该范围内的人员分布情况,计算出以死亡人数表征的危害后果值。

最后得出拟选场址建设的风险水平  $R_{\max}$  是否小于民爆行业的可接受水平的结论,进而判断该规模的炸药库选址是否合理。

## 2 风险值计算方法

通过计算最大可信事故的爆炸冲击波、爆炸飞石、爆轰产物的致人死亡的危害范围,再根据该范围内的人数分布情况,计算危害程度。

### 2.1 最大可信事故各种风险的影响范围计算

#### 2.1.1 爆炸冲击波

当冲击波超压达到  $0.5 \sim 1.0 \times 10^5$  Pa 时,会导致人体内脏严重挫伤或引起死亡的严重后果<sup>[3]</sup>,因此,可将实际冲击波超过  $0.5 \times 10^5$  Pa 的空间范围内的总人数的一半作为爆炸冲击波的危害程度值。

民爆物品爆炸的冲击波超压,可按下式计算<sup>[3]</sup>:

$$\Delta P = 14 \frac{Q}{R^3} + 4.3 \frac{Q^{\frac{2}{3}}}{R^2} + 1.1 \frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R}$$

式中:  $\Delta P$ ——空气冲击波超压值  $10^5$  Pa;

$Q$ ——一次爆破的 TNT 炸药当量,单位为千克(kg);

$R$ ——至保护对象的距离,单位为米(m)。

#### 2.1.2 爆炸飞石

爆炸飞石也可能导致人员伤亡,可通过计算出飞石的飞行距离,将飞行距离视为半致死距离。也就是说,将处于飞石飞行距离的空间范围的人数的一半作为危害程度值。其飞行距离按无覆盖飞石与单位药量之间的经验公式计算<sup>[4]</sup>:

$$L = 70 Q_L^{0.53}$$

式中:  $L$ ——无覆盖条件下飞石的最大飞行距离,单位为 m;

$Q_L$ ——最大药量,单位为  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

#### 2.1.3 爆轰产物

采用《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ/T 2.2-93)推荐的烟团模式,计算爆轰产物达半致死浓度  $LC_{50}$  范围及时间,进而计算出污染物浓度的最大值大于或等于该污染物的半致死浓度  $LC_{50}$  的范围和时间,将该范围内其致死确定性效应而致死的

人数  $C$  由下式求出:

$$C = \sum_{i=1}^n 0.5 N(X_i, Y_i)$$

$N(X_i, Y_i)$  表示某一爆轰产物浓度超过其半致死浓度区域中的人数。

### 2.2 危害值的计算

最大可信事故所有有毒有害物泄漏所致环境危害  $C$ , 为爆炸冲击波、爆炸飞石、爆轰产物各种危害  $C_i$  综合:

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

$$C_i = 0.5 N_i$$

$C_i$ : 表示爆炸冲击波、爆炸飞石、爆轰产物的半致死的人数。

$N_i$ : 表示半致死区域内的人数。

最大可信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)  $1/a$ ;

$C$ ——最大可信事故造成的危害(损害/事件),以死亡人数表征。

## 3 案例分析

### 3.1 工程及环境基本情况

某民爆炸药库总用地  $9431 \text{ m}^2$ , 修建 2 个容量分别为 10 t 和 48 t 的炸药库, 2 个设计容量分别为 10 万发和 80 万发的雷管库, 主要存放改性铵油炸药、乳化炸药、工业电雷管。其内部布局、结构形式、库房相互间的安全距离、防护土堤、消防系统、避雷系统、排水系统等严格按《民用爆破器材工程设计安全规范》(GB50089-2007) 的有关规定建设, 本项目贮存库发生连锁火灾、爆炸事故的可能性极小。该项目值班人员 6 人, 三班倒。

评价区多年平均气温  $12.8^\circ\text{C}$ , 大气压  $872.3 \text{ Pa}$ , 全年主导风向为 NE 风, 稳定度以 D 类为主, 年平均风速为  $3.0 \text{ m/s}$ 。

距该项目最近的住户  $500 \text{ m}$ ;  $500 \sim 1000 \text{ m}$  有住户约 80 人;  $1000 \sim 2000 \text{ m}$  有住户约 420 人;  $2000 \sim 3000 \text{ m}$  有住户约 4200 人, 还有一所中学和小学。

### 3.2 风险识别

主要存放改性铵油炸药、煤矿用乳化炸药、工业电雷管, 查阅相关资料并结合《建设项目环境风险评

价技术导则》附录 A, 识别出主要风险物质有炸药中的硝酸铵、工业雷管中的黑索今、DDNP(二硝基重氮酚)。

本项目的每个仓库均建设防护土堤, 将每个仓库作为评价单元。

各仓库的存量远小于重大危险源临界量, 因此, 各库房均为非重大危险源。加之, 不位于环境敏感区, 按导则的评价工作等级的判据, 将风险评价级别定为二级, 也就是周边环境调查范围为距离建设地 3 km 的范围。

### 3.3 源项分析

本项目事故风险类型为爆炸, 从运输、库存全过程分析以及物料特性分析结果, 库房爆炸为最大可信事故。又根据本项目具体情况, 库房爆炸不可能全部爆炸, 将最大炸药存量 48 t 的炸药库[相当于 24.5 确 t 三硝基甲苯(TNT)]定为最大可信事故, 根据国内外炸药库事故概率分析, 确定炸药库及储存物质发生火灾爆炸等重大事故的概率为  $1.0 \times 10^{-5}$  次/(库·a)。

### 3.4 事故后果计算

#### 3.4.1 爆炸冲击波

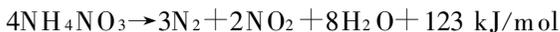
当 48 t 工业炸药[相当于 24.5 t 三硝基甲苯(TNT)]发生爆炸时, 其爆炸后距离爆炸中心 100 m、160 m、200 m、300 m、400 m、500 m 处空气冲击波超压值分别为 1.35、0.5、0.36、0.19、0.13、0.09 ( $\times 10^5$  Pa), 半致死的超压波范围为距离爆炸中心 160 m, 该范围内无人居住, 冲击波仅对岗楼(距离爆炸中心 255 m)值班人员(2 人)造成轻微损伤。

#### 3.4.2 爆炸飞石

该项目飞石最大飞行距离为 283 m, 该范围内只有岗楼(距离爆炸中心 255 m)值班人员 2 名。

#### 3.4.4 爆炸产物

硝酸铵爆炸反应方程式为:



根据硝酸铵爆炸反应产物为  $\text{NO}_2$ , 采用烟团模式, 计算出有风条件下(E 稳定度、风速 3 m/s), 爆

炸 3 min 后, 半致死浓度范围最大, 为爆炸中心 385 m 的范围内; 静风(E 稳定度), 爆炸 1 分钟后, 半致死浓度范围最大, 为库房中心 50.4 m 的范围内。那么本项目最大半致死浓度范围为以库房中心的 385 m 范围内, 该范围内只有岗楼(距离爆炸中心 255 m)值班人员 2 名。

### 3.5 风险值计算

最大可信事故概率为  $1.0 \times 10^{-5}$ , 危害为 2 人死亡/次, 因此, 最大可信事故风险  $R_{\max}$  为  $2 \times 10^{-5}$ 。

### 3.6 风险评价结论

该项目最大可信灾害事故风险值  $R_{\max}$  小于民爆行业的可接受风险水平( $8.33 \times 10^{-5}$ ), 因此该项目的建设, 风险水平是可以接受的, 也就是说从环境风险评价角度看, 该项目选择是可行的。

## 4 结论

民用爆炸物品储存库所存物品具有易爆的高度危险属性, 本文建立了从爆炸导致的冲击波、飞石、爆轰产物致人死亡数求算风险事故危害值, 进而计算出风险值的方法, 对民用爆炸物品储存库环境风险进行评价。本方法是一种针对性、可操作性、实用性较强的评价方法, 同时, 本方法也可作为民用爆炸物品储存库的选址合理性提供了较为快捷的判断手段。

建设项目环境风险评价不同于事故风险(安全)评价和健康风险(卫生)评价, 必须覆盖自然环境、社会环境、暴露识别, 明确回答发生的风险类型及其环境影响, 存在的环境风险在风险防范措施失效的情况下, 能否可以接受。要做到将建设项目的环境风险降到合理可接受的程度, 选址的合理性结论尤为重要, 但目前可资利用的资料太少, 且环境风险评价的理论、导则、方法目前还不能满足给环保主管部门提供科学的决策依据, 尚需同仁在环评实践中, 从单个行业角度深入探讨、研究、完善、细化《建设项目环境风险评价技术导则》。

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国务院令 466 号, 民用爆炸物品安全管理条例, 2006 9 1
- [2] 李翼祺, 马素珍. 爆炸力学[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [3] GB6722—2003 爆破安全规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003
- [4] 刘殿中. 工程实用爆破手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1999

## Environmental Risk Calculation of Blast from Civil Exploder Depository

LIN Jian<sup>1</sup>, ZOU Zi<sup>1,2</sup>, TANG Cong-Guo<sup>1</sup>, XIAO Tang-fu<sup>1</sup>, CHEN Juan<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. The Graduate Scholl, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The goods stored at civil exploder depositories are prone to blast and pose high risks on the surrounding environment. This paper establishes an effective calculation method to evaluate the potential blasting risks from civil exploder depositories, in view of the consequent shock wave, the blasting drifts, and the number of victims. This calculation is demonstrated to be pertinent, maneuverable, and practicable, by application to a civil exploder depository. This calculation method is applicable to other similar project risk assessments, and is also helpful for quickly blasting risk assessments to new civil exploder depositories before construction.

**Key words:** blast; environmental risk; calculation