

基于事故树理论的爆破事故致因分析

杨军伟, 林大能, 张 鹏, 彭 斌

(湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭市 411201)

摘 要:通过对爆破工程意外事故——爆破飞石、雷管早爆、迟爆、拒爆等进行事故树分析, 确定引起顶上事件发生的各个基本事件的重要度。分析结果表明, 借助于事故树理论便于爆破工作者全面分析爆破事故致因, 更好地控制爆破工程意外事故。

关键词:事故树分析; 爆破事故; 爆破安全

据统计, 爆破事故占公路建设中工伤事故的30%左右。所以, 怎样预防爆破事故的发生就成了爆破工程的重中之重。本文尝试用事故树分析方法对爆破事故进行安全分析, 确定引起爆破事故的各个基本事件, 对全面分析和把握引发事故的各种致因, 防范事故的发生有重要意义。

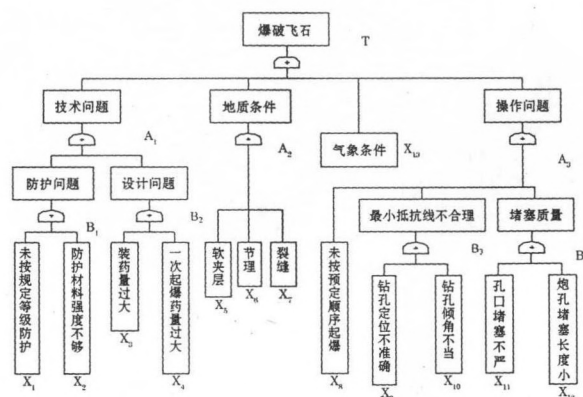
1 事故树的基本理论

事故树分析是分析系统安全的一种逻辑方法, 目的是分析系统中事故产生的原因和评价系统的潜在危险。事故树分析技术是在系统有非希望事件发生, 如机器发生故障, 操作人员发生失误等前提下提出的一种演绎推理的方法, 事件树分析是在无任何限制条件下, 由顶上事件开始向下分析能导致顶上事件发生的一切原因^[1]。用事件把这些原因通过逻辑门连接起来, 就能清楚地表示出哪些原因事件及其组合导致了顶上事件发生的动态过程。事故树分析技术, 可以找出导致事故的基本事件的最小组合, 即最小割集。有几个割集就有几种导致事故的组合, 而且可以从中找出危险最小割集, 从而有针对性地采取有效措施, 防止顶上事件的发生。

2 爆破事故致因的事故树分析

2.1 爆破飞石事故树

爆破时, 特别是进行抛掷爆破和用裸露药包或炮孔进行大块破碎时, 个别碎块可能飞散得很远, 常常造成人员、牲畜的伤亡和建筑物的损坏。根据矿山爆破事故的统计, 露天爆破飞石伤人事故占整个爆破事故的27%。在设计与施工中必须高度重视, 通过技术问题, 地质条件, 管理条件, 操作问题等方面进行事故树分析。爆破飞石事故树见图1。



2.2 爆破飞石事故定性分析

(1) 求最小割集。由事故树分析图形可得事故树结构函数为:

$$T = A_1 + A_2 + A_3 + X_{13} = B_1 \cdot B_2 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} = X_1 X_3 + X_1 X_4 + X_2 X_3 + X_2 X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13}$$

从而得出13个最小割集为:

$$\begin{aligned} K_1 &= \{X_1 X_3\} & K_2 &= \{X_1 X_4\} \\ K_3 &= \{X_2 X_3\} & K_4 &= \{X_2 X_4\} \\ K_5 &= \{X_5\} & K_6 &= \{X_6\} \\ K_7 &= \{X_7\} & K_8 &= \{X_8\} \\ K_9 &= \{X_9\} & K_{10} &= \{X_{10}\} \\ K_{11} &= \{X_{11}\} & K_{12} &= \{X_{12}\} \\ K_{13} &= \{X_{13}\} \end{aligned}$$

(2) 结构重要度分析。

$$\begin{aligned} I_\phi(5) &= I_\phi(6) = I_\phi(7) = I_\phi(8) = \\ I_\phi(9) &= I_\phi(10) = I_\phi(11) = \\ I_\phi(12) &= I_\phi(13) = 1 \end{aligned}$$

$$I_{\varphi}(1) = I_{\varphi}(2) = I_{\varphi}(3) = I_{\varphi}(4) = \\ (1/2^{2-1}) + (1/2^{2-1}) = 1$$

由以上结果可知,各基本事件的结构重要度一样,所以每一个基本事件都要重视,以保正减少爆破飞石事故的发生。

2.3 雷管早爆事故树

早爆多发生在电力起爆的网络中,一旦发生,轻则影响爆破工作的顺利完成,重则导致严重的安全事故。雷管早爆事故应从分析物的故障和人的失误以及环境因素入手进行系统的分析。雷管早爆事故树见图2。

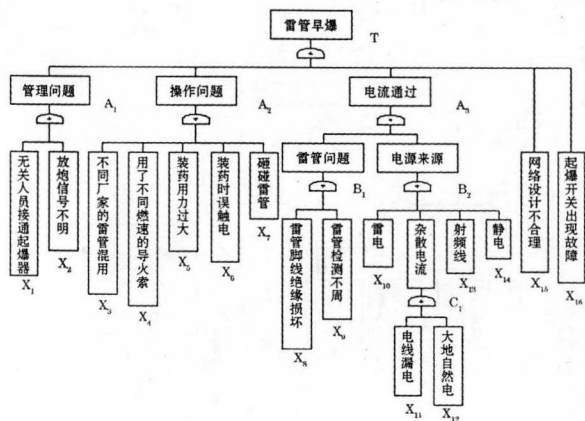


图2 雷管早爆事故树

2.4 雷管早爆事故定性分析

(1) 求最小割集。由事故树分析图形可得事故树结构函数为:

$$T = A_1 + A_2 + A_3 + X_{15} + X_{16} = X_1 + X_2 + \\ X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + B_1 \cdot B_2 + \\ X_{15} + X_{16} = \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + \\ (X_8 + X_9)(X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14}) + \\ X_{15} + X_{16} = \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + \\ X_7 + X_8 X_{10} + X_8 X_{11} X_{12} + X_8 X_{13} + \\ X_8 X_{14} + X_9 X_{10} + X_9 X_{11} X_{12} + X_9 X_{13} + \\ X_9 X_{14} + X_{15} + X_{16}$$

从而得出 17 个最小割集。

(2) 结构重要度分析。

$$I_{\varphi}(1) = I_{\varphi}(2) = I_{\varphi}(3) = I_{\varphi}(4) =$$

$$I_{\varphi}(5) = I_{\varphi}(6) = I_{\varphi}(7) = 1$$

$$I_{\varphi}(8) = I_{\varphi}(9) = (1/2^{2-1}) + (1/2^{2-1}) + \\ (1/2^{2-1}) + (1/2^{2-1}) = 2$$

$$I_{\varphi}(10) = I_{\varphi}(11) = I_{\varphi}(12) = I_{\varphi}(13) = \\ I_{\varphi}(14) = (1/2^{2-1}) + (1/2^{2-1}) = 1$$

由计算可知,基本事件 X_8 、 X_9 对雷管早爆事故影响较大,应该引起重视,但其它事件也不能忽视,都应给予足够重视。

2.5 迟爆和拒爆事故树分析

拒爆和迟爆的事故树分别见图3和图4。由图3和图4可看出,拒爆和迟爆的各个基本事件的结构重要度一样。所以,为了防止事故的发生,其各个事件都不能忽视。

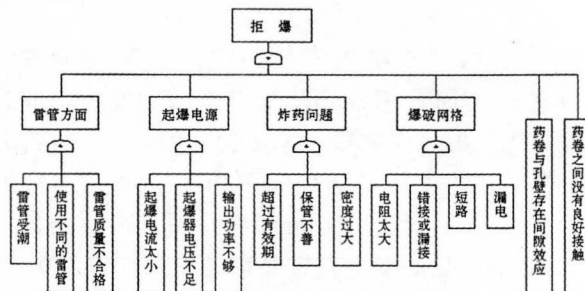


图3 拒爆事故树

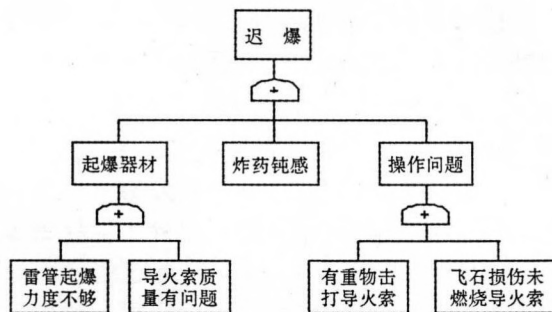


图4 迟爆事故树

3 结论

采用爆破事故树分析,可以将引起事故的各个基本事件清楚地分析出来,使安全工作能够更好、更有效、更有侧重性地进行。通过事故树分析,可以更有效地设计出预防基本事件的方案,做出更有利的判断,对引起事故的基本事件做安全检查,排除引发事故的隐患。

参考文献:

[1] 张景林. 安全系统工程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2002.

(收稿日期:2007-07-01)

作者简介:杨军伟(1984-),男,甘肃景泰人,硕士研究生,从事爆破及安全工程研究。