



FTA 在高校学生宿舍防火安全管理中的运用

郝彩霞 谢财良

(410151 湖南安全技术职业学院 湖南 长沙)

摘要: 高校学生宿舍防火安全管理已成为维护高校稳定的当务之急, 本文通过对高校学生宿舍火灾进行了系统的分析, 建立了以高校学生宿舍火灾为顶事件的事态树。通过对该事故树最小割、径集的对比, 求得6个最小径集, 并对每个基本事件进行了结构重要度排序, 最后根据分析结果从防火安全管理角度提出了相应的预防措施, 具有重要的现实意义。

关键词: FTA; 高校学生宿舍; 结构重要度; 定性分析

0 前言

近年来, 高校校园的安全问题也日益突出, 而在高校校园安全事故中, 学生宿舍火灾事故具有发生频率高、损失大等特点。学生宿舍主要为高校学生生活、学习的主要场所, 由于宿舍内存在大量的可燃物, 再加上学生的防、灭火意识相对薄弱, 导致高校学生宿舍火灾时有发生。另外, 高校学生宿舍是人员比较密集的场所, 一旦发生火灾, 人员疏散不及时, 就会造成群死群伤的事故。因此, 高校学生宿舍防火安全管理已成为维护高校稳定的当务之急。本文运用事故树分析法对高校学生宿舍火灾进行定性分析, 并根据分析结果从防火安全管理角度提出了相应的预防措施, 具有重要的现实意义。

一、FTA 概述

1. FTA 简介

事故树分析法 (Fault Tree Analysis, 简称 FTA) 也称故障树分析法, 是一种演绎的安全系统分析方法。它是运用逻辑推理对各种系统的危险性进行辨识和评价, 不仅能分析出事故的直接原因, 而且能深入地揭示出事故的潜在原因; 用它描述事故的因果关系直观、明了; 思路清晰, 逻辑性强, 既可定性分析, 又可定量分析。它是从要分析的特定事故或故障开始 (顶上事件), 层层分析其发生原因, 直到找出事故的基本原因, 即故障树的底事件为止。

2. FTA 的基本程序

FTA 的分析步骤如图 1 所示:

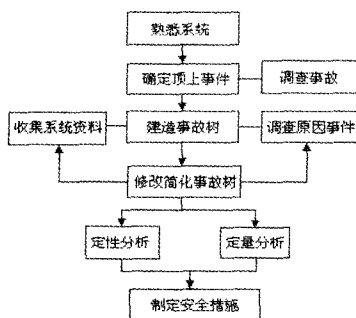


图 1 事故树分析程序

二、高校学生宿舍消防安全的 FTA 分析

由于高校学生宿舍是学生除上课之外主要集中的区域, 因此宿舍内存在大量可燃物, 并且人员比较密集, 再加上某些建筑装修材料缺乏防火性能, 易燃物品随意堆放挤占消防通道, 用电线路乱接无防护或过载, 水电供应条件的制约及人们消防意识淡薄等因素的影响, 高校学生宿舍一旦发生火灾, 情况错综, 扑救难度大, 极易引发群死群伤, 使得高校学生宿舍消防隐患和火险危机显得更加突出。根据近几年高校学生宿舍火灾事故案例分析, 本文通过分析影响高校学生宿舍消防安全的相关因素, 探讨在校园安全管理中如何运用 FTA 分析法。

1. 构建高校学生宿舍火灾事故树图

根据事故的因果关系分析、编制事故树。从顶上事件“高校学生宿舍火灾”开始, 层层分析得到所有原因事件, 直到最基本的原因事件为止。每一层事件都按照彼此间的逻辑关系用逻辑符号连接起来, 进而得到高校学生宿舍火灾风险事故树如图 2。

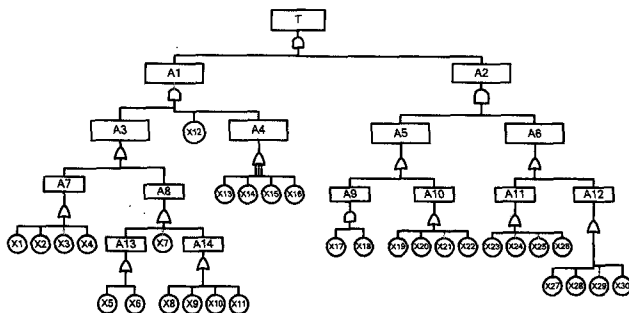


图 2 高校学生宿舍火灾事故树图

表 1 图 2 中符号的意义

符号	基本事件	符号	基本事件	符号	基本事件
T	火灾事故	X1	未灭的烟头、蚊香	X16	其它可燃物
A1	起火	X2	点燃的蜡烛	X17	无自动报警器
A2	失控	X3	点燃的酒精炉	X18	人不在现场
A3	火源	X4	有人纵火	X19	人不会使用灭火器
A4	可燃物	X5	线路老化	X20	消防供水不足
A5	扑救不及时	X6	线路短路	X21	灭火器失效或不足
A6	疏散不及时	X7	电器设备遭雷击	X22	消防栓欠缺或被毁
A7	明火源	X8	劣质充电器	X23	安全出口数量不足
A8	电火源	X9	电热毯	X24	人员密度过大
A9	发现不及时	X10	热得快	X25	疏散通道太窄
A10	消防设施不起作用	X11	吹风机	X26	无疏散指示或不清晰
A11	建筑疏散能力不足	X12	空气	X27	应急演练不到位
A12	人员疏散能力不足	X13	书本	X28	培训教育不足
A13	线路燃烧	X14	桌椅	X29	管理机构混乱
A14	电器过热	X15	衣物棉被	X30	应急预案制度不到位

2. FTA 分析

(1) 求取最小割 (径) 集。事故树定性分析的主要任务是求取最小割 (径) 集, 发现系统故障或导致指定顶事件发生的全部可能原因, 并定性地识别系统的薄弱环节, 或发现使顶



上事件不发生的几种可能方案,为控制事故发生提供依据。

最小割集是指能够引起顶上事件发生的最低限度的基本事件的集合。如果最小割集中任一基本事件不发生,顶上事件就不发生。最小割集表示系统的危险性,每个最小割集都是顶上事件发生的一种可能途径,最小割集数目越多,表明系统越危险。

最小径集是指顶上事件不发生所需的最低限度的事件的集合。一个最小径集中基本事件都不发生,就可使顶上事件不发生,事故树中的最小径集越多,系统就越安全。

根据最小割(径)集最多个数差别法判定,此故障树最小割集较多,而最小径集仅6个,所以宜采用最小径集进行分析。

根据成功树的构造法则,成功树的结构函数为: $T' = A1' + A2'$ 代换分解上式,可得6个最小径集如下:

$P1 = \{X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11\};$

$P2 = \{X12\};$

$P3 = \{X13, X14, X15, X16\}$

$P4 = \{X17, X19, X20, X21, X22\}$

$P5 = \{X18, X19, X20, X21, X22\}$

$P6 = \{X23, X24, X25, X26, X27, X28, X29, X30\}$

(2) 结构重要度分析。结构重要度分析,是从事故树结构上分析各基本事件的重要程度。即在不考虑各基本事件的发生概率,或者说假定各基本事件的发生概率都相等的情况下分析各基本事件的发生对顶上事件的影响程度,一般用 $I(i)$ 表示。基本事件结构重要度越大,它对顶上事件的影响程度就越大,反之亦然。

结构重要度分析方法归纳起来有两种,一种是计算出各基本事件的结构重要系数,将系数由大到小排列各基本事件的重要顺序;第二种是用最小割集和最小径集近似判断各基本事件的结构重要系数的大小,并排列次序。由于前面已经求取了最小割(径)集,所以在此利用第二种方法来分析。

最小割(径)集法的四条原则如下:

①单事件最小割(径)集中基本结构重要度系数最大

②仅出现在同一个最小割(径)集中的所有基本事件结构重要度系数相等

③仅出现在基本事件个数相等的若干个最小割(径)集中的各基本事件结构重要度系数依出现次数而定,即出现次数少,其结构重要度系数小;出现次数多,其结构重要度系数大;出现次数相等,其结构重要度系数相等。

④两个基本事件仅出现在基本事件个数不等的若干最小割(径)集中。在这种情况下,基本事件结构重要度大小依下列不同条件而定:a)若它们重复在各最小割(径)集中出现的次数相等,则少事件最小割(径)集中出现的基本事件结构重要度大;b)在少事件最小割(径)集中出现次数少的,与多事件最小割(径)集中出现次数多的基本事件比较,应用下式计算近似判值:

$$I(i) = \sum_{X_i \in K_j} \frac{1}{2^{n_j-1}}$$

式中 $I(i)$ —基本事件 X_i 结构重要度系数的近似判值;

$X_i \in K_j$ —基本事件 X_i 属于 K_j 最小割(径)集中;

n_j —基本事件 X_i 所在最小割(径)集中包含基本事件的个数。

据最小割(径)集法的四条原则可知其结构重要度:

$I(1) = I(2) = I(3) = I(4) = I(5) = I(6) = I(7) = I(8) = I(9) = I(10) = I(11) = 1/1024;$

$I(12) = 1$

$I(13) = I(14) = I(15) = I(16) = 1/8;$

$I(17) = I(18) = 1/16;$

$I(19) = I(20) = I(21) = I(22) = 1/8;$

$I(23) = I(24) = I(25) = I(26) = I(27) = I(28) = I(29) = I(30) = 1/128$

结构重要度排序:

$I(12) > I(13) = I(14) = I(15) = I(16) = I(19) = I(20)$

$= I(21) = I(22) > I(17) = I(18) > I(23) = I(24) = I(25) = I(26) = I(27) = I(28) = I(29) = I(30) > I(1) = I(2) = I(3) = I(4) = I(5) = I(6) = I(7) = I(8) = I(9) = I(10) = I(11)$

3. 定性分析

从高校学生宿舍火灾事故树图的逻辑门构成比来看,逻辑“或”门占绝大多数,其事故发生的可能性是比较大的。最小割集有1600多种,说明事故发生的可能途径有很多种,说明事故极容易发生;而最小径集只有6种,即有6种途径可以防止事故的发生,并且每组因子除 $P2$ 外都有很多,说明事故容易发生且难于控制。

从结构重要度分析可见,基本事件 $X12$ 对顶事件的影响最大,但是 $X12$ 空气是不可能消除和控制的。 $X13$ 、 $X14$ 、 $X15$ 、 $X16$ 、 $X19$ 、 $X20$ 、 $X21$ 、 $X22$ 对顶事件的影响较大,其中 $X13$ 、 $X14$ 、 $X15$ 、 $X16$ 、属于可燃物,这些是生活中必须的物品,不可控制,因此,我们应从 $X19$ 、 $X20$ 、 $X21$ 、 $X22$ 、这些基本事件着手控制事故; $X17$ 、 $X18$ 对顶事件的影响次之,而 $X23$ 、 $X24$ 、 $X25$ 、 $X26$ 、 $X27$ 、 $X28$ 、 $X29$ 、 $X30$ 则对顶事件的影响较小, $X1$ 、 $X2$ 、 $X3$ 、 $X4$ 、 $X5$ 、 $X6$ 、 $X7$ 、 $X8$ 、 $X9$ 、 $X10$ 、 $X11$ 对顶事件的影响最小。最小径集 $P1$ 和 $P2$ 中的基本事件虽然从结构上重要度比较小,可这些途径比较多,要想控制这些事件的发生还是比较困难。

通过上述分析可知,高校学生宿舍火灾事故的发生,是由物的不安全状态、人的不安全行为、环境的因素、安全管理的失误等因素中的一种或几种因素共同所导致的,但就事故本身而言,每个事故的发生都是偶然的,而由于管理的失控,人的不安全行为造成事故的发生却是必然的。因此只要管理上存在失误,就会导致人或物的不安全因素存在,从而引起事故的发生。因此,事故的发生从本质上说是离不开管理的约束。

三、结论及建议

本文通过构建高校学生宿舍火灾事故树及其进行分析,清晰地发现了高校学生宿舍火灾隐患之间的相互关系,其分析结果可用于预防高校学生宿舍火灾风险的防范工作。根据以上分析结果。

针对高校学生宿舍火灾防范建议重点采取相应措施:

(1) 通过学校的规章制度控制火源。如禁止学生在宿舍使用大功率的电器;禁止躺在床上吸烟;禁止使用酒精炉、蜡烛;规定时间送电等

(2) 加强消防知识培训,增强学生的消防意识。要利用各种机会普及防火安全知识,采用各种方法(如知识竞赛、事故案例图片、事故视频教育、讲座等)加强安全教育,从思想上提高学生对火灾危害的认识,增强学生的安全意识,从而避免人的不安全行为。

(3) 加强学生宿舍的安全检查,在学生宿舍以多种形式开展如日常安全检查、季度安全检查、互检与自检等检查,避免个别存在侥幸心理的不安全行为。

(4) 提高学生与教职工的应急处置能力。可通过如下途径提高人的应急处置能力:首先编制切实可行的应急救援预案,将应急责任落实到人;其次定期组织应急演练,演练结束后还须进行应急演练总结与应急预案的修订。

(5) 保持消防器材设施的完好有效,消防器材应进行定期维护检查,确保随时可用。

参考文献:

- [1] 胡忠日, 孙迎霞, 方正. 高层建筑火灾危险性模糊综合评估初探[J]. 消防科学与技术, 2003, 22(5): 354~356.
- [2] 汪元辉. 安全系统工程[M]. 天津: 天津大学出版社, 1999[4]
- [3] 罗云. 注册安全工程师手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

注: 本文系湖南省教育科学“十二五”规划课题“基于现代安全管理理论的校园安全事故预防与处理研究”(课题批号 XJK14BJG001) 阶段性研究成果之一。