

化工装置事故树分析与安全风险评估研究

江于聪 童彬彬

(浙江华峰合成树脂有限公司 浙江温州 325000)

摘要: 化工装置作为现代工业生产的核心设备,其安全稳定运行对于保障生产安全至关重要。事故树分析作为一种有效的安全风险评估工具,能够系统地识别和分析化工装置中可能引发事故的各种因素及其相互关联。本文首先介绍了事故树分析的基本原理和方法,然后结合化工装置的特点,详细阐述了如何进行事故树构建和分析,最后探讨了基于事故树分析的安全风险评估及相应的预防措施。

关键词: 化工装置;事故树分析;安全风险评估

1. 引言

化工装置在生产过程中涉及大量的化学反应和物理过程,其操作条件复杂多变,一旦发生事故,后果往往十分严重。因此,对化工装置进行事故树分析和安全风险评估具有重要意义。通过事故树分析,可以系统地识别出导致事故发生各种因素及其相互关联,为制定有效的预防措施提供科学依据。

2. 事故树分析的基本原理

2.1 因果关系原理

因果关系原理是在事故树分析过程中应用最为广泛的原理,此原理指的是在事故树分析过程中,每一事件均与其他事件存在着必然的联系。在化工装置中,任何一种因素的出现都会引起一系列的连锁效应,并对事故造成直接或间接的影响。所以,在进行事故树分析时,首先应对事故发生的原因进行全面系统的分析。通过对化工装置中各种影响因素进行深入地剖析,找出影响化工装置安全生产的关键因素。然后将关键因素作为初始事件,并构建出一系列完整事故树,通过对初始事件与其它事件之间的关联性进行分析,找出导致事故发生或出现恶性事故的关键因素。

2.2 逻辑门原理

在化工装置中,事故树分析方法主要是通过逻辑门来实现的。逻辑门原理就是在化工装置中,如果某一事件发生,则可以通过逻辑门来判断这一事件是否会导致其他的事件发生。事故树分析法可以实现这一点,同时也能够实现化工装置中各部件之间的联系,这就是事故树分析法的逻辑原理。在进行化工装置事故树分析时,要将各部件之间的联系表示出来,这样才能有效地确定各个部件之间的相互关系。同时,也要将这种逻辑门原理应用到化工装置中的各个部件当中,通过这种逻辑门来明确各个部件之间的联系,从而实现化工装置中安全风险的评估^[1]。

3. 化工装置事故树构建与分析

3.1 充分了解化工装置

化工装置事故树构建是一项非常重要的工作,但是在实际操作中,不能仅仅依靠事故树来构建。由于化工装置生产过程中,有很多的因素存在,因此在进行分析时要充分考虑到这些因素,才能保证分析结果的准确性。化工装置的设计和安装是一个非常复杂的过程,需要经过多个环节。因此在进行化工装置事故树构建时,要充分考虑到各个环节。由于化工装置运行过程中存在一定的危险性,所以要对其进行严格控制,这样才能保证安全生产。在实际分析中,需要从多个方面来对其进行分析,包括化工装置的设计、运行以及维护等多个方面。

对化工装置进行分析时,首先要充分了解其主要结构、流程以及相关设备。对化工装置的设计要按照一定的规范进行,并且要做好设计工作,保证设备的安全性。化工装置在实际使用中,需要根据实际情况来对其进行一定的调整,还要考虑到不同材料、不同环境条件下的使用情况。化工装置在运行过程中,要保证设备良好状态,这样才能保证安全生产。另外还要了解其作业环境以及相关制度规范,避免违规操作、违章作业等现象发生。另外还要考虑到每个化工装置的安全状况,避免意外事故发生。所以要对化工装置进行全面分析,才能保证安全生产。

3.2 识别关键风险因素

在对化工装置进行事故树分析的过程中,要想准确地识别出影响化工装置安全的关键风险因素,首先就需要对化工装置中存在的主要风险进行分析。在化工装置的生产过程中,除了安全生产以外,还存在着很多其他的风险因素,这些风险因素不仅会对化工装置的安全生产造成影响,还可能对人们的生命财产安全造成威胁。所以在进行化工装置事故树分析时,需要全面分析影响化工装置安全的风险因素。通过对这些主要风险进行深入分析和研究,可以明确出影响化工装置安全的关键风险因素。

在进行化工装置的安全风险评估工作之前,需要先对化工装置中的关键风险因素进行识别。要想进行化工装置的安全风险评估工

作,就需要首先识别出影响化工装置安全的关键风险因素,然后将这些因素作为事故树分析的基本事件,对化工装置进行安全风险评估。在化工装置安全风险评估中,关键风险因素的识别是非常重要的。在化工装置安全风险评估中,要想准确识别出关键风险因素,首先就需要对影响化工装置安全的关键风险因素进行详细分析和了解。通过对这些影响关键风险因素的了解和分析,可以明确出哪些是影响化工装置安全的关键因素,从而为接下来的分析工作做好准备。

3.3 构建多层次的事事故树

事故树是一种最基本的结构化安全分析方法,在事故的分析过程中,可以根据不同的需要将其划分为多个层次。一般来说,事故树的分析都是从顶事件开始的,然后对其进行逐层分析。在实际的操作过程中,我们通常先从顶事件开始,然后再进行逐步分析^[2]。

构建事故树需要将所有的危险因素作为最小割集,可以将其划分为若干个逻辑门。对于每一个逻辑门,都要进行逻辑运算,通过这些逻辑门来对危险因素之间的关系进行分析,从而得到最小割集。由于最小割集是所有的危险因素的集合,因此我们需要在此基础上将其分为多个层次。在事故树的分析中,根据研究对象的不同,我们可以将其划分为三个层次。第一层次是从顶事件到底事件的过程中存在的所有基本事件;第二层次是在第二层次上分析中间事件;第三层次则是从中间事件到顶事件的过程。

3.4 注重定量分析

在分析化工装置事故树时,需要运用定性与定量的分析方法对事故进行分析,进而得出更准确的分析结果。在分析过程中,主要采用的方法有定性分析与定量分析两种,定性分析主要是运用定性分析法对化工装置中的安全风险因素进行辨识;而定量分析主要是运用定量分析法对化工装置中存在的安全风险进行预测。在定性与定量分析时,应当尽量采用最小割集,并对最小割集的结构重要度进行计算。在定量分析过程中,应当注重对系统发生事故概率进行计算。在系统发生事故概率计算中,主要采用的是故障树分析法以及事件概率法,这两种方法都能够得出最小割集以及基本事件。

4. 基于事故树分析的安全风险评估及预防措施

4.1 确定评估目标

化工装置中的生产设备、材料、工艺参数、生产过程等均具有一定的危险性,若生产设备发生故障或操作失误,会造成严重后果。因此,开展安全风险评估工作,应将重点放在危险源的辨识上。通过事故树分析可将化工装置的危险源分为7个层次:装置、设备、物料、工艺操作、管理和人员。在对化工装置进行事故树分析时,应明确各层次的危险源,并通过事故树结构简图来对各层次危险源进行识别。在此基础上,按照风险分级标准对各个层次的风险进行

评估,最终得出化工装置整体风险等级,并以此作为预防措施的制定依据。

4.2 构建事故树

事故树分析是通过建立一系列的逻辑门,从而确定影响化工装置安全的各个因素之间的关系,进而使化工装置事故的发生概率得到提高。根据化工装置的安全风险评估目标,对事故树进行分析。首先,确定事故树的基本结构,同时对每个基本结构进行分析。其次,对事故树进行定性分析,得到每个基本结构所产生的最小割集和最小径集。再次,根据最小割集和最小径集计算出每个基本结构所发生的概率。最后,在定性分析结果的基础上,计算出基本事件发生的概率。根据基本事件所发生的概率确定事故树中各个因素之间的关系,从而构建出化工装置事故树^[3]。

4.3 进行定性和定量分析

根据所建立的事故树,利用事故树分析法可以进行定性和定量分析,当对分析结果进行总结时,可以得到以下结论:(1)在化工装置的生产过程中,各种事故是相互影响的,当发生任何一种事故时,都会引发其他事故的发生;(2)在化工装置发生各类事故时,不同事故的后果是不相同的;(3)在化工装置中,各种事故中最严重的是火灾事故,其次是中毒事故,再次是机械伤害、高处坠落、触电等。而对化工装置发生火灾、中毒和机械伤害等最严重的后果进行分析时,可以根据分析结果得出以下结论:(1)要想降低化工装置发生火灾和机械伤害等最严重后果的概率,就必须增强安全生产意识。

5. 结语

化工装置的事故树分析与安全风险评估是一项复杂而重要的工作。通过事故树分析,可以系统地识别出导致事故发生各种因素及其相互关联,为制定有效的预防措施提供科学依据。在实际应用中,需要充分考虑化工装置的特点和实际情况,确保分析的准确性和全面性。同时,预防措施的制定和执行也是关键环节,需要遵循针对性、可操作性和持续改进等原则,确保化工装置的安全稳定运行。

参考文献:

- [1]王海清,张玉倩,郑威,等.基于主次屏障的化工装置事故原因分析及“双预”机制应用[J].中国安全科学学报,2024,34(02):131-137. DOI:10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2024.02.1032.
- [2]周坤,李灯.石油化工装置事故救援常见风险及防范[J].化工安全与环境,2023,36(12):83-88.
- [3]王倩琳,田文慧,张东胜,等.基于FRAM的化工装置事故情景推演研究[J].过程工程学报,2022,22(06):782-791.