

石油化工厂既有建筑抗爆风险评估计算

迟志奎

北京众联盛化工工程有限公司江苏分公司 南京 210011

摘要: 对石油化工厂既有建筑物进行抗爆风险评估计算, 选用合适的评估对象、方法, 计算不同爆炸源对既有建筑物的爆炸影响, 爆炸计算结果作为评估既有建筑物安全性的依据。

关键词: 抗爆风险评估; 蒸气云爆炸; 最大可信事故场景

1. 综述

在石油化工厂各种爆炸事故类型中, 蒸气云爆炸 (Vapor Cloud Explosion, VCE) 是各种爆炸中最常见事故, 蒸气云爆炸破坏范围大、后果严重。

蒸气云爆炸的后果预测方法, 有许多模型, 大致可以分为三类, 即计算流体动力学 (CFD)、物理模型和基于试验的数值拟合模型^[1]。

TNO多能法是一种源于试验数据的数值拟合模型, 是由荷兰国家应用科学研究院在大量实验和数值拟合基础上完善的, 是目前蒸气云爆炸模拟预测的一维数值模型, 计算结果与试验数据较为吻合, 是石油化工行业VCE爆炸计算中的常用方法。

根据《危险化学品生产装置和储存设施风险基准》(GB 36894—2018)和《中国石化既有建筑物抗爆治理指导意见(试行)》(集团工单安风〔2020〕41号), 对VCE爆炸, 可采用TNO多能法计算。

建筑物安全距离的定量确定, 目前主要有基于后果的分析方法、基于风险的分析方法、基于风险指引的分析方法。

基于后果的分析方法, 主要利用事故后果预测模型计算出与潜在事故发生可能性无关的各种伤害半径, 并据此确定安全距离。目前, 大致有两类基于后果的分析方法。一类是“最坏事故场景法”, 该方法认为如果现有的保护措施即便在最坏事故的影响下, 也能够充分保护人群, 那么任何其他较轻事故也能够充分保护人群免受影响。另一种方法为“可信事故场景法”, 即综合考虑各种因素, 选择在装置生命周期内可能发生的可信事故作为安全距离计算分析的场景。

基于风险的方法是指定量风险评估, 也称概率风险评估 (PRA), 是对各种事故发生的概率和后果进行评估, 并对比可接受风险标准来确定安全距离。基于风险的方法计算中涉及到泄漏场景频率、风向频次、大气稳定度、各种点火事件概率、风险接受标准等多种数据取

值, 结算结果受数据选取因素较大, 数据有较大的不确定性。

基于风险指引的方法, 是在计算安全距离时选择合适的危险场景 (典型为危险物质的泄漏), 危险场景应该覆盖工厂生命周期内可能发生的事件, 在安全距离上的事故累积频率, 应小于风险控制标准, 其风险应可接受。

《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法》(GB 37243—2019), 指出“当防护目标为单栋建筑物时, 应以建筑物的外墙为边界评定其是否满足个人风险基准的要求”。石油化工企业内建筑物属于界区内建筑物, 《危险化学品生产装置和储存设施风险基准》(GB 36894—2018)中规定的社会风险和个人风险基准实际上是一种界区外的风险控制标准, 对界区内的风险控制标准尚未明确, 在《危险化学品生产装置和储存设施风险基准》中的社会风险可接受标准为 1×10^{-5} 次/a, 各类防护目标的个人风险基准基本在 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 次/a之间。

《中国石化既有建筑物抗爆治理指导意见(试行)》指出: 应采用基于风险的分析方法或基于最大可信事故场景下的方法确定爆炸参数, 建筑物抗爆设防基准应为累积发生频率为 10^{-4} 次/年的爆炸冲击波参数, 或者在最大可信事故场景下的爆炸冲击波参数。

总之, 对石油化工厂既有建筑物蒸气云爆炸的抗爆风险评估计算, 可采用基于风险的方法或基于最大可信事故场景的方法确定。如采用基于风险的分析方法, 对石油化工厂中心控制室、办公楼等重要建筑, 设防基准应为累积发生频率为万年一次。对蒸气云爆炸的后果计算, 应采用TNO多能法。

2. 评估对象

根据《石油化工控制室抗爆设计规范》(GB 50779—2012)、《石油化工企业防火设计标准》(GB 50160—2008, 2018年版)、《中国石化既有建筑物抗爆治理指导意见(试行)》、《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定办法》(GB/T 37243—2019)、《危险化学品企

业安全风险隐患排查治理导则》(应急〔2019〕78号)等规章、标准规范文件基本要求如下,企业控制室或机柜间与装置的防火间距应满足GB 50160要求;当面向具有火灾、爆炸危险性装置时,控制室侧不应开设门窗、孔洞,并应满足防火防爆的要求;布置在甲乙类火灾危险装置区时,控制室、交接班室和有人值守的机柜间等应进行建筑物抗爆治理,对于火灾危险性为丙类及以下,且操作温度低于物料闪点的装置,可不考虑该类生产装置对建筑物的爆炸冲击风险等标准要求,当石油化工厂控制室直接毗邻甲、乙类工艺装置或操作温度超过其闪点的丙类装置时,应进行抗爆风险评估计算,用以确定安全距离。

3. 评估步骤

基于风险的方法计算中涉及到泄漏场景频率、风向频次、大气稳定度、各种点火事件概率、风险接受标准等多种数据选取且数据选取收人为因素影响较大,有较大不确定性,这将导致计算结果差异性较大。建议可根据最大可信事故场景确定的爆炸冲击波参数。

在最大可信事故场景下,应用TNO多能法定量分析计算VCE爆炸荷载的步骤为:

1) 辨识危险装置和爆炸受体。根据现行标准要求,爆炸受体一般为中心控制室、装置控制室或有其他防护要求的重要建筑。危险装置一般可选择直接毗邻的甲、乙类工艺装置,识别装置内可产生蒸气云爆炸源设备。

通常,同时满足以下条件的设备应辨识为蒸气云爆炸(VCE)源:

a) 设备内储存的可燃液体或可燃气体泄漏后能形成可燃蒸气云团;

b) 危险度总分值大于或等于11分的设备,危险度总分按照GB/T 37243-2019附录A表A.1危险度评价取值表计算取值。

2) 选择装置内有最高泄漏频率的设备或管道为泄漏源,泄漏频率按照《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定办法》(GB/T 37243-2019)附录C选取,根据泄漏源辨识潜在爆炸源。

3) 确定有效爆炸蒸气云体积。产生爆炸超压的基本条件包括:点火源必须能点燃蒸气云团;蒸气云必须能燃烧;蒸气云内可燃物质浓度必须在燃烧极限之间;点燃的蒸气云受限或可燃的蒸气云所处环境有一定的堵塞或受限度。因此,TNO多能法中有效的爆炸蒸气云体积为

泄漏产生的可燃蒸气云体积和受限区自由体积的较小值。

4) 计算爆炸超压和正压作用时间。对每个潜在的爆炸源进行建模,分别计算VCE爆炸超压和相应的正压作用时间。

4. 评估实例

某化工厂现有控制室东南侧为一套6万吨/年甲烷氯化物装置,甲烷氯化物装置火灾危险类别为甲类,控制室与甲烷氯化物装置间距虽满足现行防火间距设计要求,但需要进行抗爆风险评估。

按照最大可信事故场景法选择甲烷氯化物装置内有最高泄漏频率的设备或管道,泄漏频率按照《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定办法》(GB/T 37243-2019)附录C选取,考虑设备类型、设计参数、操作参数等因素,对甲烷氯化物装置选取二氯甲烷储罐、氯化反应器发生中孔泄漏为最大可信事故场景,分别计算了上述泄漏场景下各种可能后果及影响。

计算结果简略如下:

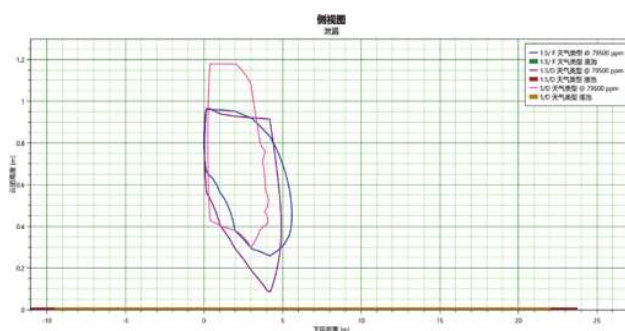


图4-1 氯甲烷泄漏分析

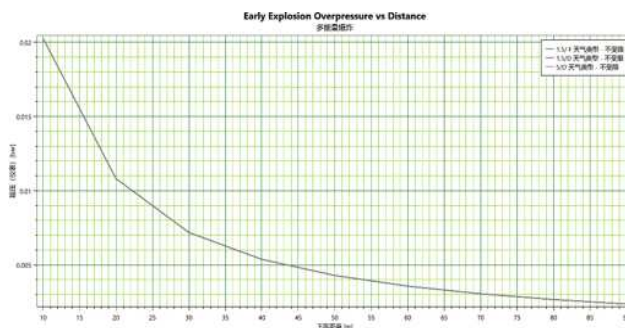


图4-2 氯甲烷多能爆炸

在距控制室约37m处,氯甲烷VCE爆炸超压值为6.5kPa,超压作用时间为39ms。

参考文献:

[1]赵文芳.TNO多能法在蒸气云爆炸后果预测中的应用研究[J].安全健康环境,2014,14(10):15-18.