油库项目爆炸燃烧产物的环境风险评价方法

苗青, 李向阳

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 武汉 430071)

摘要:探讨了原油储罐突发性燃烧引发的环境风险。结合项目特点确定最大可信事故,研究了燃烧污染物进入环境后的相关特征。根据相关文献,重点探究事故储罐原油燃烧速度、污染物排放量和烟气抬升高度的计算方法,并采用多烟团大气扩散模式对污染物的扩散范围进行模拟分析。

关键词:环境风险评价;燃烧产物;扩散

中图分类号:X82 文献标识码:A 文章编号:1008-9500(2010)05-0055-03

Method of Environmental Risk Assessment of Combustion Product on Projects of Crude Oil Storage

Miao Qing, Li Xiangyang

(The Second Harbour Engineering Investigation and Design Institute of the Ministry of Communications, Wuhan 430071, China)

Abstract:In order to set down risk preventive measures and emergency plan of tank farm, and to minimize the risk to a lowest level, the paper probe into the environmental risk of sudden combustion of tank farm. According to the features of the project, the maximum credible accident is defined, and the features of combustion pollutant entering into the atmosphere is studied. In the light of some literature, the calculation method of combustion speed, emission rate and uplifting height of smoke is discussed. Simultaneously, the range of dispersion of pollutant source is simulated and analysed through mode of atmospheric dispersion.

Keywords:environmental risk assessment; combustion product; dispersion

油库一般都具有储存量大, 储存物料易燃、易爆,收发操作复杂等特点,其事故风险相对较大。油库主要事故多发部位为油罐区、管线以及油车(包括油品收发的罐车、油船)等。发生事故时,以油品流失和着火爆炸为主要事故类型。在油库发生的火灾事故中,油罐火灾事故危害比较大。

发生火灾事故时,油品燃烧产生的SO₂和CO等燃烧产物在短期内浓度迅速升高,影响事故周围的区域。在建设项目风险评价中预测燃烧产物扩散对周围环境的影响有利于制定事故风险防范措施,将风险危害控制在最小范围^[1-2]。

1 工程概况和预测因子的确定

某油库总库容132×10⁴ m³,在库内布置10×10⁴ m³原油罐、2×10⁴ m³成品油罐、5×10⁴ m³的成品油罐,共分为3个罐组。运输装卸储存的主要物料为原油、汽油、石脑油、柴油和煤油。以某码头及配套油

库为例,从环境危害角度确定10×10⁴ m³原油罐发生火灾爆炸为最大可信事故。

油罐如发生火灾和爆炸,油品急剧燃烧供氧不足,属于不完全燃烧,燃烧过程中将产生大量CO、黑烟(主要由碳粒组成)。另外,杨振宏等^[3]介绍,油品火灾释放物中除完全燃烧产物CO₂外,不完全燃烧部分包括CO、碳粒(PM10和PM2.5等)和VOC等。以柴油火灾释放物为例,若忽略VOC中的碳,PM10和PM2.5的产生量占柴油中总碳的10%,CO₂的产生量占88.5%,CO的产生量占1.5%。

碳的燃烧产物中CO毒性较大,将CO列为环境风险预测因子之一。原油罐储存含硫量为3%的高硫原油,因此将SO₂也作为预测因子。

大气污染物CO、SO₂的物化性质、毒理性质以及伤害阈值见表1^[4-5]。

其中LC50为在动物急性毒性试验中,使受试动物半数死亡的毒物浓度;IDLH为立即威胁生命

收稿日期:2010-04-06

作者简介:苗青(1983-),女,湖北武汉人,工程师,从事环境影响评价和环境工程设计工作。

表1 CO、SO₂的物化性质、毒理性质、伤害阈值

污染物	物化性质		毒理性质及伤害阈值			
	闪点 (°C)	密度 (g/cm ³)	危险类别	LC50 (mg/m ³)	IDLH (mg/m ³)	短时间 接触容 许浓度 (mg/m ³)
CO	<-50	1.25×10 ⁻³	易燃气体	2 069/4 h	1 700	30
SO ₂	-	2.92×10 ⁻³	有毒气体	6 600/2 h	270	10

和健康的浓度。

2 计算模式和参数的选取

2.1 计算模式

根据泄漏后所形成的气云的物理性质,可分为中性气云模型和重气云模型。其中,应用最为广泛的中性气云模型是高斯(Gauss)模型,其烟羽模型和烟团模型可分别模拟中性气体连续源和瞬时源的扩散。

采用《建设项目环境风险评价技术导则》推荐的多烟团大气扩散模式,计算不同气象条件下油罐火灾事故燃烧烟气中污染物在下风向上的地面污染浓度。

2.2 源强的计算

2.2.1 CO源强的确定

原油燃烧CO的产生量可按式进行估算:

$$G_{CO}=2.33 \times q \times C \times Q \quad (1)$$

式中:

G_{CO} ——燃烧产生的CO量,t/s;

C ——燃烧中碳的质量百分比含量%,取85%;

q ——原油中碳不完全燃烧率,%;

Q ——参与燃烧的原油量,t/s。

公式(1)中 q 值的选取是CO源强计算的关键。如取值过大则预测CO半致死浓度扩散距离和辐射范围较大。根据《大连石化公司油品储罐突发性事故伴生CO污染源强实验及影响分析报告》,原油在2~10 m/s风速下燃烧生成CO的不完全燃烧率在1.56%~4.34%之间。柴油是原油的蒸馏产物,两者化学成分相近,实验结果也验证了前述柴油火灾释放物中生成CO的不完全燃烧率较小的结果。本次CO的不完全燃烧率按实验数据的最大值的2.3倍选取,取10%。

2.2.2 SO₂源强的确定

原油燃烧SO₂的产生量可按式进行估算:

$$G_{SO_2}=2BS \quad (2)$$

式中:

G_{SO_2} ——SO₂排放速率,kg/h;

B ——原油燃烧量,kg/h;

S ——原油硫含量,%。

以一座10×10⁴ m³原油储罐为火灾爆炸事故源,原油的燃烧速率为78.1 kg/(m²·h),分别考虑罐顶火灾和池火灾的着火面积,引用公式(1)和(2),计算得CO和SO₂源强见表2。

表2 事故时大气影响预测源强和各风速下烟流有效高度

	着火面积 (m ²)	污染物排放速率 (kg/s)		烟流有效高度(m)		
		CO	SO ₂	0.5 m/s	1.5 m/s	3.6 m/s
罐顶着火	5 026	21.5	6.51	237.6	237.6	73.0
液池着火	7 070	30.3	9.16	218.2	218.2	53.7

2.3 其它参数的选择

(1)罐顶火灾和池火灾均按面源考虑,着火面积和污染物排放速率按表2选取。

(2)气象条件的确定。选取小风(1.5 m/s)、静风(0.5 m/s)和平均风速(3.6 m/s)以及F稳定度等不利条件,预测CO和SO₂的浓度。

(3)面源烟流有效高度的确定。储罐燃烧引发火灾,烟气经抬升后再扩散。因此,烟气的有效高度不仅包括面源的几何高度,还包括烟气的抬升高度。烟气抬升高度依照高斯模型中的烟气抬升公式进行计算,F稳定度、各不利风速下烟气的有效高度见表2。

(4)假设燃烧时间为2 h,每10 min释放一个烟团。

(5)计算步长取100 m。

2.4 环境事故后果计算分析

根据计算模式计算小风、静风和平均风速时主导风向NNE下风向不同距离处的污染物的质量浓度。由于泄露时间为2 h,当烟团扩散至下风向任一点,质量浓度在前2 h基本不会发生变化;2 h后,燃烧停止,下风向任一点的质量浓度将逐渐被稀释、减小。

对事故下风向的污染范围及危害程度进行模拟计算,罐顶和液池着火预测结果分别见表3。

由表3可知,发生10×10⁴ m³原油储罐爆炸事故时,事故点下风向CO最大浓度为1 799.4 mg/m³(<LC₅₀(CO)=2 069 mg/m³),SO₂最大浓度为544.0 mg/m³(<LC₅₀(SO₂)=6 600 mg/m³),下风向CO和SO₂

表3 不同气象条件下,罐顶火灾/池火灾各污染物的浓度

污染物	风速	稳定度	最大落地浓度 (mg/m ³)	最大落地浓度出现的距离 (m)	LC ₅₀ 出现的 最远距离(m)	IDLH出现的 最远距离(m)	PC-STEL出现的 最远距离(m)
CO	0.5	F	15.5/26.5	2 901.0/2 610.0	-	-	-
	1.5	F	453.4/613.4	32.9/32.2	-	-	1 649.8/3 762.9
	3.6	F	930.1/1 799.4	58.8/54.5	-	-/56.0	5 594.2/9 768.2
SO ₂	0.5	F	4.7/8.0	2 901.0/2 610.0	-	-	-
	1.5	F	137.3/185.4	32.9/32.2	-	-	1 371.9/3 186.7
	3.6	F	285.7/544.0	58.8/54.5	-	60.4/112.4	5 065.0/8 980.0

浓度不会出现超过半致死浓度的污染影响;但CO和SO₂的IDLH浓度分别1 700 mg/m³和270 mg/m³,两者事故点下风向最大浓度分别超过其IDLH浓度,且IDLH浓度出现的最远距离为112.4 m,因此事故发生后距储罐防火堤112.4 m范围内的人群均应撤离。上述信息对控制和处理这类突发性环境事故及寻求最佳对策至关重要,同时也为应急预案的编制提供了依据。

3 结论

(1)原油储罐燃烧产生的污染物造成的环境风险,与事故本身、事故发生时的天气条件和人群分布情况有关。

(2)风险影响范围与选取油品中碳的不完全燃烧率相关。油品不完全燃烧产生CO₂、碳粒、CO的不完全燃烧产生量所占比例较小。

(3)原油储罐燃烧火势一般较大,火焰高,烟气经抬升后再扩散。源的有效高度应包括面源的几何高度和烟气的抬升高度。

参 考 文 献

- 1 国家环境保护总局.HJ/T 169-2004 建设项目环境风险评价技术导则[S].北京:中国环境科学出版社,2005.
- 2 胡二邦.环境风险评价使用技术和方法[M].北京:中国环境科学出版社,2000:1-482.
- 3 杨振宏,马德仲,常心坦,等.火灾烟气浓度弥散过程中分岔与奇异性研究[J].西安科技大学学报,2005(4):443-446.
- 4 国家质量监督检验检疫总局.GB/T 18664-2002 呼吸防护用品的选择、使用与维护[S].北京:中国标准出版社,2002.
- 5 中华人民共和国卫生部.GBZ2.1-2007 工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素[S].北京:人民卫生出版社,2008.

(责任编辑/曲志平)

简 讯

汽车以旧换新政策调整效果显著

2010年初,国务院批准提高汽车以旧换新补贴标准并调整有关政策后,申请补贴的车主数量明显增加,政策效果已经显现。

从2010年初到5月24日,已办理补贴车辆9万辆,是政策调整之前办理数量的5.9倍,特别是3月份以来办理补贴车辆数显著增加,3、4月份办理补贴车辆分别为1.5万辆和2.9万辆,环比分别增长267%和93%,5月份以来,日均补贴车辆已达2 758辆,是政策调整之前办理数量的18倍。从车型看,轿车受政策调整影响最大,2010年初至5月24日补贴轿车3.4万辆,较政策调整前增长了67倍。

截至2010年5月24日,全国共办理补贴车辆

10.6万辆,补贴金额14亿元,拉动新车消费126亿元。在办理补贴车辆中,轿车、大中型载客车和微型载货车分别占36%、30%和19%。江苏、浙江、山东、河南、安徽、河北、四川、江西、辽宁、湖南办理补贴车辆数量居全国前10位,合计超过总量的72%。

汽车以旧换新政策的实施不仅促进了汽车消费,更重要的是加快了淘汰高排放、高污染“黄标车”和老旧汽车的进程。同时对引导车主及时报废更新车辆,防止报废车辆流向社会,减少道路交通安全隐患,保护人民群众生命财产安全发挥了积极作用。

(再 协)