

煤化工项目实施环境风险评价的探讨

王彦彪¹, 郭晓静²

(1. 邢台旭阳煤化工有限公司, 河北邢台 054001;

2. 河北中煤旭阳焦化有限公司, 河北邢台 054001)

摘要: 针对煤化工项目事故具有突发性强、危害性大、行为复杂、有毒化学品类型多等特点, 指出了煤化工项目实施环境风险评价具有非常重要的意义。以 10 万 t/a 环己酮项目为例, 确定了项目重大危险源(苯)及最大可信风险事故(苯贮罐泄漏及苯贮罐爆炸); 环境风险分析表明, 最大可信风险事故的发生不会导致周围居民死亡及重伤事故, 风险值低于化工行业统计标准, 并给出了环境风险管理的内容。本例为煤化工项目的风险评价提供了理论依据及技术参考。

关键词: 煤化工项目; 环境风险评价; 探讨

中图分类号: X820.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8759(2011)05-052-05

DISCUSSION ON CARRYING OUT ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT FOR COAL CHEMICAL PROJECT

WANG Yan-biao¹, GUO Xiao-jing²

(1. *Xingtai Risun Coal Chemicals Co, Ltd., Xingtai 054001, China;*

2. *Hebei CNC Risun Coking Ltd., Xingtai 054001, China*)

Abstract: The paper pointed out that it had great important significance to carry out environmental risk assessment for coal chemical project according to the characteristics of accident about suddenly happening, great damage, complicated behaviors, multi-types toxic chemicals and complex behavioral. Take 100 000 t/a cyclohexanone project for example, great hazard source (benzene) and the maximum credible risk accident (benzene leakage from tanks and explosion of benzene tanks) were determined; Environmental risk analysis showed that death or serious injury accident around residents would not happened even if the maximum credible risk accident were occurred, the risk value was lower than chemical industry statistical standards, and the contents of environmental risk management was presented. This example provided theoretical basis and technical reference for environmental risk assessment of coal chemical project.

Keywords: coal chemical projects; environmental risk assessment; discussion

煤化工项目在化学工业中占有非常重要的位置, 对发挥丰富的煤炭资源优势, 补充国内油、气资源不足和满足对化工产品的需求, 保障能源安

全, 促进经济的可持续发展, 具有现实和长远的意义^[1-2]。因煤化工生产所用原辅料和产品多为易燃、易爆和有毒、有害物质, 且生产工艺复杂, 反应条件苛刻, 多为高温、高压或低温、负压, 具有很大的环境风险^[3-5]。特别在近几年, 中国大力发展新型煤化工, 煤化工的发展极为迅速, 涌现出了一大批新

型煤化工基地及园区,煤化工生产规模的扩大化、密集化无疑也给环境及安全带来更大的压力^[6-7]。针对煤化工项目事故具有突发性强、危害性大、有毒化学品类型多、行为复杂等特点,在煤化工项目中实施环境风险评价具有非常重要的意义。

煤化工项目实施环境风险评价的目的是分析和预测煤化工项目中存在的潜在危险、有害因素,以及在项目建设和运行期间可能发生的突发性事件或事故(一般不包括人为破坏及自然灾害),引起有毒有害和易燃易爆等物质泄漏,所造成的人身安全与环境影响和损害程度,提出合理可行的防

范、应急与减缓措施,以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。由于风险事故本身的不确定性,项目的环境风险定量分析难度很大,本文以 10 万 t/年环己酮项目为例,对煤化工项目进行环境风险评价分析。

1 项目简介

10 万 t/年环己酮项目拟建于邢台旭阳煤化工工业园区,采用苯和氢气为原料的环己烯法生产环己酮。生产过程主要有制氢、苯部分加氢、环己烯水合、环己烷精制、环己醇精制、环己醇脱氢及醇酮精制等工序组成,工艺流程如图 1 所示。

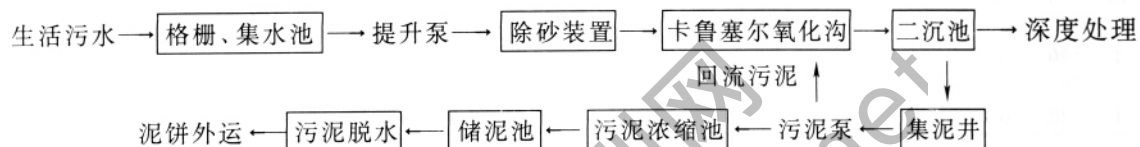


图1 生活污水处理工艺流程

2 风险识别

2.1 物质风险因素识别

环己酮项目生产中使用的原辅料及产生的物料主要有苯、氢气、环己烯、环己烷、环己醇和环己酮。项目中涉及到的主要物料火灾危险分类按《石油化工企业设计防火规范》(GB50160-2008)中规定的方法分类,燃烧爆炸危险度按下公式计算:

$$H=(R-L)/L \quad (1)$$

式中:H-危险度

R-燃烧(爆炸)上限

L-燃烧(爆炸)下限

危险度 H 值越大,表示其危险性越大。根据《职业性接触毒物危害程度分级》(GB5044-1985)中有关规定,确定项目涉及物料毒性危害分级,项目物质危险因素识别详见表 1。

2.2 生产过程及贮存风险因素识别

表1 物质危险因素识别

物质名称	闪点(°C)	沸点(°C)	爆炸限		H	火灾性	毒性
			分数(%)	体积			
			上限	下限			
苯	-10.11	80.1	1.4	7.1	4.1	甲 B 可燃液体	极度危害
氢气	-	-252.8	4.1	74.1	17	甲类可燃气体	中毒危害
环己烯	-20	83	1.2	-	-	甲 B 可燃液体	中度危害
环己烷	-16.5	80.7	1.3	8	5.1	甲 B 可燃液体	中度危害
环己醇	67	160.9	-	-	-	丙 A 可燃液体	高度危害
环己酮	44	155.65	1.1	9.4	7.5	乙 A 可燃液体	中度危害

煤化工项目生产过程多在高温、高压条件下进行,反应条件苛刻;罐体储存的物料多是危险化学品,一旦发生泄漏或火灾、爆炸事故,将对环境及人体产生极大的危害。因此对生产过程及贮存进行危险因素识别是非常重要的。具体分析如表 2 所示。

2.3 重大危险源辨识

根据《重大危险源辨识》(GB18218-2000)中辨识重大危险源的依据和方法,本项目风险识别结果见表 3。

表 3 显示,环己酮项目原料苯的生产场所及

表2 生产过程及贮存风险因素识别

事故发生环节	事故发生类型	事故发生原因
生产过程	火灾、爆炸	反应器物料泄漏,物料浓度达到爆炸极限,遇明火发生火灾、爆炸;停电、循环水停供、自动控制失效、超压等。
	中毒	泄漏导致现场危险品浓度超标。
	泄漏	管道阀门破损、加料、放料液位控制失灵、管道或设备腐蚀、操作失误等。 罐体发生泄漏,物料浓度达到爆炸极限,遇明火发生火灾、爆炸。
贮存	火灾、爆炸	灌区易燃易爆气体体积聚,遇电火花或明火发生火灾、爆炸; 储罐油品装卸静电积聚产生静电火花。
	中毒	泄漏导致现场危险品浓度超标。
	泄漏	设备、阀门破损、安全阀及控制系统失灵、违章操作等。

贮存场所储量均超过《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2004)中有毒物质和《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2009)中危险化学品规定的临界量范围,属于重大危险源,且环境风险评价工作等级为一级;其余项属于非重大危险源。

表3 重大危险源辨识

物质名称	《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2004)				《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2009)		重大危险源辨识结果
	临界量(t)		贮存量(t)		临界量(t)	贮存量(t)	
	生产场所	贮存场所	生产场所	贮存场所			
苯	20	50	50	1 400	50	1 400	重大危险源
焦炉煤气	1	10	0.5	-	5	0.5	非重大危险源
氢气	1	10	0.3	-	5	0.3	非重大危险源
环己烷	-	-	-	-	500	490	非重大危险源
环己酮	-	-	-	-	5 000	2 280	非重大危险源

3 事故源项分析

源项分析是对通过风险识别的主要危险源进一步分析、筛选,以确定最大可信灾害事故,并对最大可信灾害事故确定其事故源项,为事故对环境造成的影响计算提供依据。

3.1 最大可信风险事故确定

最大可信风险事故是指在所有预测的概率不为零的事故中,对环境(或健康)危害最严重的重大事故。通过调研国内外同类企业事故资料,在对项目进行风险识别、分析和事故分析的基础上,该项目风险评价的最大可信风险事故为苯贮罐发生泄漏和苯贮罐破坏导致爆炸。

3.2 最大可信风险事故概率

事故概率可以通过事件树、事故树分析法或类比法确定。类比同类事故统计资料,化工行业贮罐泄漏事故发生的概率一般为 5.4×10^{-4} 次/a,贮罐发生火灾爆炸事故的概率为 8.7×10^{-5} 次/(罐·a)。

3.3 源强计算

假定事故情况为苯贮罐阀门破裂造成泄漏事故,破裂孔径为 100 mm,贮罐泄漏后,安全系统报警,操作人员在 10 min 内使贮罐泄漏得到制止,并采取有效的收集措施。液体泄漏速率 QL 用柏努利方程计算,见《建设项目环境风险评价技术导

则》(HJ/T169-2004)附录 A2.1。经计算液体泄漏量为 22.4 kg/s。

3.4 液体蒸发量估算

苯泄漏后,在围堰内形成液池,并随地表风的对流面而蒸发扩散。苯蒸气比空气重,能在低处扩散至较远地方,使环境受到污染,并存在遇明火回燃的危险性。

泄漏液体的蒸发分为闪蒸蒸发、热量蒸发和质量蒸发三种,其蒸发量为三种蒸发量之和。由于苯在常压下沸点为 80.1 °C,而环己酮项目中贮罐储存温度和环境温度均不高于 40 °C,当苯泄漏时不发生闪蒸和热量蒸发,因此在环境风险评价中仅考虑质量蒸发量。

泄露液体蒸发量参数及模式选用《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2004)附录 A2.4.3 中推荐计算。不同气象条件下苯的蒸发量见表 4。

表4 不同气象条件下苯的蒸发量

风速	扩散量(g/s)		
	A,B 稳定度	D 稳定度	E,F 稳定度
小风(1.0m/s)	257.4	299.8	319.7
多年平均风速(1.6m/s)	378.2	429.2	452.4
大风(5.0m/s)	-	1041.2	-

4 事故环境风险分析

4.1 苯的危害性

苯短时间对人体产生危害时的最低浓度见表 5。

表5 苯短时间对人体的危害度

项目	接触时间	浓度限值(mg/m ³)	标准来源
工作场所空气中短时间接触容许浓度	短时间接触	10	《工作场所化学有害因素职业接触限值》(GBZ2.90-2007)
立即威胁生命或健康浓度(IDLH)	30 min	9 800	DHHSNO.90-117
大鼠半数致死浓度(LC ₅₀)	120 min	31 900	《危险化学品安全技术全书》化学工业出版社

4.2 泄漏预测模式的选取及计算

有毒有害物质在大气中的扩散,一般采用多烟团模式、分段烟羽模式及重气体扩散模式等计算,项目中假定情况属于非持续时间长,重气体扩散,因此采用《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2004) 7.1.4 中重气体扩散模式进行计算。为了说明不同气象条件下苯泄漏对周围空气环境的影响情况,分别选取 1.0 m/s、1.6 m/s、5.0 m/s 三种风速情况下,预测物料泄漏不同时刻的地面浓度。预测结果见表 6。

表6 苯落地浓度与时间的关系

苯泄漏 10min 后下风向地面浓度												
风速 (m/s)	稳定 度	最大落地 浓度(mg/m ³)	出现距离 (m)	浓度大于 31900mg/m ³ 的区域			浓度大于 9800mg/m ³ 的区域			浓度大于 10mg/m ³ 的区域		
				起始距离(m)	结束距离(m)	区间长度(m)	起始距离(m)	结束距离(m)	区间长度(m)	起始距离(m)	结束距离(m)	区间长度(m)
1	A、B	1315.6	6	-	-	-	-	-	-	0	140	140
	D	1199.7	20	-	-	-	-	-	-	0	392	392
	E、F	911.6	32	-	-	-	-	-	-	0	480	480
1.6	A、B	1906.7	0	-	-	-	-	-	-	0	594	594
	D	2343.6	4	-	-	-	-	-	-	0	870	870
5	E、F	2555	6	-	-	-	-	-	-	0	842	842
	D	1819.3	4	-	-	-	-	-	-	0	1312	1313
苯泄漏 20min 后下风向地面浓度												
1	A、B	0.1	694	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	2.2	666	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E、F	4.9	622	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6	A、B	55.5	872	-	-	-	-	-	-	710	1594	884
	D	18.9	984	-	-	-	-	-	-	808	1470	662
5	E、F	66.3	872	-	-	-	-	-	-	706	1614	908
	D	0.001	1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-
苯泄漏 43min 后下风向地面浓度												
1	A、B	0.006	1934	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0.1	1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E、F	0.3	1848	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6	A、B	0.2	3176	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	2.5	3148	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	E、F	10	2932	-	-	-	-	-	-	2884	2988	104
	D	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
苯泄漏 44min 后下风向地面浓度												
1	A、B	0.006	1916	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0.1	2232	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E、F	0.3	1896	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6	A、B	0.2	3264	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	2.4	3232	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	E、F	9.6	3020	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

由表6知,在苯储罐泄漏事故发生后10min,下风向苯的地面浓度最大,最大落地浓度可达2555.0 mg/m³,但出现距离较小,且没有出现浓度大于大鼠半数致死浓度(LC50)和IDLH浓度的区域;大于工作场所最高容许浓度(10 mg/m³)的区域最远可出现在1312m处,不同气象条件下该浓度区间长度最大为1312m,在此范围内没有居民居住,即使假定事故发生,也不存在环境风险事故。

事故发生后随着时间的推移,下风向污染物浓度逐渐降低,事故发生43min后,大于工作场所最高容许浓度(10 mg/m³)的区域最远出现在2988m,不同气象条件下大于该浓度的区间长度为104m;而在事故发生44min后,已经没有大于工

作场所最高容许浓度(10 mg/m³)的区域。

综上所述,苯储罐发生泄漏,没有出现大于半致死浓度的区域,不会出现人员死亡事故。

4.3 储罐爆炸事故分析

(1) 爆炸破坏力计算方法选取

对于苯罐发生爆炸引发的事故,本评价采用蒸汽云爆炸伤害模型,计算方法采用TNT当量算法。TNT当量法是评价蒸汽云爆炸破坏力的典型方法,其原理:假定一定百分比的蒸气云参与爆炸,对形成冲击波起主要作用,TNT当量法是将参与爆炸的蒸气云释放的能量折合成能释放相同能量的TNT炸药的量,从而把蒸气云的量转化成TNT当量。TNT当量计算公式如下:

$$W_{TNT} = \frac{\alpha W H_c}{Q_{MTR}} \quad (2)$$

$$E=1.8\alpha WHC \quad (3)$$

式中: W_{TNT} -为可燃气体的 TNT 当量,kg;

Q_{TNT} -为 TNT 的爆炸热,kJ/kg,取 4520 kJ/kg;

α -为可燃气体蒸气云当量系数 (统计平均值为 0.04);

W -为蒸气云中可燃气体质量,kg;

H_C -为可燃气体的燃烧热,kJ/kg,苯蒸气的燃烧热 HC 取 41 993 kJ/kg;

E -为可燃气体的爆炸总能量,kJ;

1.8-为地面爆炸系数。

(2)危害半径的计算

死亡半径指人在冲击波作用下头部撞击致死半径,单位 m,可由式(4)确定:

$$R_1=1.98W_p^{0.447} \quad (4)$$

重伤半径指人在冲击波作用下耳鼓膜 50%破裂的半径,单位 m,由式(5)确定:

$$R_2=9.18W_p^{1/3} \quad (5)$$

轻伤半径指人在冲击波作用下耳鼓膜 1%破裂的半径,单位 m,由式(6)确定:

$$R_3=17.8W_p^{1/3} \quad (6)$$

式中: W_p -为可燃气体蒸气云的丙烷当量,kg。

财产损失半径指在冲击波作用下建筑物的三级破坏半径,单位 m,按英国建筑物破坏等级的划分标准,建筑物的三级破坏指房屋不能居住,屋基部分或全部破坏,外墙 1~2 个面部分破损,承重墙损坏严重。可由式(7)确定,其中, $K=4.6$ 。

$$R_4 = \frac{KW_{TNT}^{1/3}}{\left[1 + \left\{\frac{3175}{W_{TNT}}\right\}^2\right]^{1/6}} \quad (7)$$

(3) TNT 及危害半径计算结果讨论

当苯罐完全破裂,发生蒸气云爆炸事故。假定苯贮罐内苯的存储量占储罐体积的 50%,储罐内剩余 50%的苯蒸汽全部参与爆炸,经计算得,参与爆炸的苯蒸汽为 3 573 kg,苯储罐爆炸事故发生时 $WTNT$ 为 1 786.4 kg。

根据假定事故,环己酮项目苯储罐破裂蒸气云爆炸事故损失半径估算结果见表 7。

表 7 爆炸危害半径

储罐介质	死亡半径 R_1 (m)	重伤半径 R_2 (m)	轻伤半径 R_3 (m)	财产损失半径 R_4 (m)
苯	16.9	47.9	86.0	440

由苯储罐破裂蒸气云爆炸事故伤害后果看,当发生假定事故时,人员可能受到伤害的距离在 86.0 m 之内。据调查,环己酮项目周围 86.0 m 内并无居民居住,且距离贮罐位置最近的居民位置在西南方位 1 320 m 处,远大于 86.0 m。即死亡、重伤及轻伤范围内无居民分布,即使发生假定事故,也不会造成周围居民的重伤及死亡等严重后果。

5 风险评价

风险评价以风险值作为表征量,计算公式如下:

$$\text{风险值(后果/时间)} = \text{概率(事故数/单位时间)} \times \text{危害程度(后果/每次事故)}$$

计算结果见表 8。

表 8 事故风险值

假定事故	苯贮罐泄漏	苯贮罐蒸气云爆炸
假定事概率	5.4×10^{-4}	8.7×10^{-5}
半致死浓度区域死亡人数(年)	0	0
风险值(人死亡/年)	0	0
行业统计年平均数(人死亡/年)	6.75×10^{-5} 次/a	

由表 8 可知,项目最大可信风险事故风险值为 0,与行业统计标准比较,项目风险处于可接受水平内。

6 风险管理

环境风险管理的目的是于环境风险基础之上,在行动方案效益与其实际或潜在的风险以及降低的代价之间谋求平衡,以选择较佳的管理方案。结合本项目特点及风险评价的结果,项目会在选址、总体布置、建筑安全、危险化学品贮运、工艺技术设计、自动控制设计、通讯、消防和报警系统等方面加强防范措施;重点加强原料储存区及生产区的安全生产管理,严格执行国家和有关部门颁布的标准规范和规定,总平面布置及装置内设备严格执行有关防火、防爆规定;严格监督风险防范措施的落实情况,加强员工的培训、演练教育,制定与项目配套的应急预案。

7 结论

(1)风险识别分别对物质、生产过程及贮存中的风险因素进行了分析,并确定了苯为环己酮项

展外向型产品,扩建活性炭生产线,使生产规模达到年产6000t,把淮北市活性炭厂建设成淮北市重要创汇企业。

(3)野生蔬菜园建设

利用淮北煤矿塌陷区作为国家土地复垦试验示范区的机遇,将分布在全国的有开发利用前景的适宜本区栽培的野生蔬菜资源收集建库,形成优良野生蔬菜繁殖基地和能够带动野生蔬菜产业化的科研、试验、示范基地。

3.4 生态旅游建设

(1)烈山杨庄塌陷区距离城市较近,水面233hm²,水质好,在发展水产养殖的同时,继续建设烈山水上公园。新建旅游设施6处,增添旅游设施3处,新建服务设施8所,结合已建项目,使水上公园初具规模。

(2)利用火电厂粉煤灰充填造地,继续充填任圩塌陷区,覆土造地,种植水杉、刺槐、雪松等林木,建设好任圩林场森林公园。

(3)发展市区和近郊生态旅游观光农业,如相山公园、南湖开发区、东湖风景区、老龙脊风景

(上接第56页)

目中的重大危险源;

(2)事故源项分析确定了苯贮罐泄漏及爆炸为项目中的最大可信风险事故,并进一步对源强及泄漏量进行了计算;

(3)环境风险分析表明:苯贮罐发生泄漏及爆炸均不会对周围居民产生死亡及重伤事故,且项目最大可信风险事故的风险值低于化工行业风险统计值,即最大可信风险事故在可接受水平范围之内;

(4)煤化工项目事故具有突发性强、危害性大、有毒化学品类型多、行为复杂等特点,在煤化工项目中实施环境风险评价具有非常重要的意义。

旅游区等。以旅游为契机,带动淮北市矿区交通、饮食、旅游纪念品等行业的发展。

3.4 工业污染防治系统建设

规划建设淮北市龙湖开发区污水处理厂、烈山污水处理厂、濉溪县开发区污水处理厂及垃圾处理设施等,进一步改善环境质量。在矿区塌陷区附近,利用农畜污泥、粪便、秸秆生产沼气,建造太阳能温室和蔬菜、药材、花木生产种植基地等。

4 结语

建设可持续发展城市,必须做好生态环境保护工作。本文根据淮北矿区生态环境现状,按照矿区各塌陷地的不同特征,因地制宜、突出特色,提出了矿区生态总体规划,加强了矿区生态环境污染治理和保护力度,使淮北矿区生态破坏得以控制,区域生态环境得以改善,使矿区能量流动、物质循环和信息流畅通,实现经济-社会-自然的和谐统一,为淮北市整体的可持续发展奠定了坚实的基础。

参考文献

[1]王基铭.中国煤化工发展现状及对石油化工的影响[J].当代石油石化,2010,(6):1~6.

[2]徐振刚,陈亚飞.我国煤化工的技术现状与发展对策[J].煤炭科学技术,2007,35(8):6~12.

[3]蒋文燕,汤庆合,李怀正,等.化工企业环境风险综合评价模式及其应用[J].中国环境科学,2010,30(1):133~138.

[4]曾皓锦,赵久妹.煤化工项目环境影响评价中值得关注的问题[J].山西化工,2009,29(3):71~73.

[5]耿晓梅.有关化工石化建设项目环境风险评价技术评估的探讨[J].环境保护科学,2007,33(2):83~85.

[6]姜黎黎,狄静平,张清,等.大型煤化工项目基建期环境保护管理的探讨[J].内蒙古环境科学,2007,19(4):78~81.

[7]吴道蓉.发展新型煤化工产业的深层次探讨[J].中国煤炭,2006,32(9):54~58.