

丙烯腈装置JSA应用及安全管控

李文立

中石化股份有限公司天津分公司

摘要:介绍了丙烯腈装置在生产过程中固有的安全风险及内外部因素的风险特点,采取对应的工程、管理、技术、个人防护和应急措施,有效控制风险,保障安全。

关键词:危险因素; JSA; 风险控制

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.10.110

前言

装置以丙烯、氨和空气为原料生产丙烯腈,同时还生成副产品氢氰酸、乙腈、硫酸铵以及副反应一氧化碳、二氧化碳、丙烯醛、丙烯酸以及水。生产过程中一旦因设备材质、焊接、误操作等原因造成泄漏,或在设备检修前处理不彻底、氢氰酸静止时发生聚合等,极可能发生火灾、爆炸、人员中毒等危险。通过运用JSA,把作业分成几个步骤,分部进行风险分析并加以控制风险,实现安全长周期运行是十分必要的。

一、问题及原因分析

(一) 问题

现在的丙烯腈装置大都以丙烯、氨和空气为原料在催化剂的作用下生产丙烯腈。丙烯腈装置生产过程中所使用的原料、燃料、中间产品、副产品及终端产品等,主要为危险化学品,其中丙烯腈装置国家重点监管的危险化学品有:丙烯、氨、丙烯腈、氢氰酸、一氧化碳、二氧化硫等。采用的工艺属于重点监管的危险化工工艺中胺基化工艺。不但有毒有害、易燃易爆、而且还具有腐蚀等危害特性,因此丙烯腈装置发生事故其后果是极其严重的,必须采取措施降低发生事故的概率,使其风险可控,大家运用JSA对直接作业环节较多,但对装置在运行过程中风险识别运用较少,且JSA相对比较直观,结合《安全生产法》全员都有安全责任制的要求,因此熟悉运用对装置风险识别比较重要,找出生产装置的危险源,对其进行对比判定,通过落实控制措施,使风险降到可接受,这是我们的目标。结合相似和同类装置的经验,介绍自己心得,对预防和减少事故发生,提高员工分析风险,落实控制措施,提高安全管理水平有较大帮助。

(二) 原因分析

1. 工艺流程简介

国内大多数装置,原料液态丙烯自液体原料罐区的丙烯球罐经丙烯泵送入丙烯蒸发器汽化,管程由贫水加热,控制丙烯在0℃左右下气化,气化后的丙烯气经丙烯加热器过热后与氨混合。原料液态氨自液体原料罐区的氨球罐经氨泵送入氨蒸发器,管程亦由贫水加热,控

制氨在5-8℃下气化,气化后的氨经氨加热器过热后,与过热后的丙烯在管道中混合后进入反应器。原料空气取自于大气,经过滤后经空气压缩机加压后与丙烯、氨进行混合浸入反应器,混合气使催化剂床层流化并同时反应。在反应器中,丙烯、氨和空气在流化床催化剂作用下,进行氨氧化反应生成丙烯腈,同时还生成氯化氢、乙腈、一氧化碳、二氧化碳、丙烯醛、丙烯酸以及水,反应气体流出物中还包括部分未反应的丙烯、氨、氧和氮等,经分离后生产出丙烯腈产品。装置一般分为空气压缩单元、冰机制冷单元、反应回收单元、丙烯腈精制、中间罐区单元、废水和废液单元、废液及废气焚烧单元、硫酸单元、四效蒸发、乙腈精制等。

2. 危险源

1) 危险化学品

(1) 原辅料:丙烯、氨、硫酸、醋酸、过氧化氢、二氧化硫

(2) 生产及储存过程:丙烯腈、氢氰酸、乙腈

2) 能量源

丙烯腈装置含有较多的特种设备:例如:焚烧单元锅炉、装置较多压力容器(含气瓶)、压力管道等;高温高压液体、气体;大型动力机械;高电压或高电流、高速转动(运动)设备、高空作业等非常态化作业、装置的异常状态、人的负面情绪等。

3. 重大危险源辨识

丙烯腈装置重大危险源识别过程见表1.1

按照《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)规定,危险化学品重大危险源级别和R值的对应关系为:

一级 $R \geq 100$ 、二级 $100 > R \geq 50$ 、三级、 $50 > R \geq 10$ 、四级 $R < 10$

$$R = [(A/10) * \beta_1 + (B/10) * \beta_2 + \dots + (I/200) * \beta_9] * \alpha$$

(其值一般大于100)

国内10万吨以上的丙烯腈装置一般构成一级重大危险源。

4. 危险因素

根据上述危险源可知,丙烯腈装置在生产过程或工

表1.1 重大危险源识别表

重大危险源名称	危化品物质名称	临界量 (Q/t)	实际最大储量 (q/t)	q/Q (实际最大储量/临界量)	Σq/Q (实际最大储量/临界量求和)	β	α	R	重大危险源级别
丙烯腈装置	丙烯	10	A			1.5	1.5		
	氨	10	B			2			
	丙烯腈	50	C			1			
	氢氰酸	50	D			1			
	醋酸	50	E			1			
	乙腈	50	F			1.5			
	燃料气(甲烷)	50	G			2			
	二氧化硫	20	H			2			
	过氧化氢	200	I			1			

艺处理过程中危险因素为：火灾、爆炸；中毒、窒息；腐蚀/灼伤；粉尘刺激；高/低温危害；噪声/振动；高空坠落、机械伤害、触电等；重点部位发生泄漏导致中毒或着火爆炸后果是非常严重的。

二、分析过程及措施

(一) 分析过程

1. 风险判定依据

风险等级是以某个事件的后果（包括情况的变化）及其发生的可能性的组合来表述-GB/T23694-2013，风险是无处不在的，风险值（风险等级）无法降低为“零”，安全风险始终贯穿于生产经营全过程，通过开展风险识别、风险评价、风险控制和风险监控达到防止事故发生，确保风险可接受。

安全风险矩阵是评定风险定级和风险值的重要工具，以中国石化8×7安全风险矩阵作为判定依据，来评估风险等级的高低和风险值的大小，见风险矩阵图2.1

安全风险矩阵		发生的可能性等级—从不可能到频繁发生							
		1	2	3	4	5	6	7	8
事故严重性等级 (从轻到重)	后果等级	类似事件没有在中国石化行业发生过	类似事件没有在中国石化行业发生过	类似事件在中国石化行业发生过	类似事件在中国石化行业发生过	类似事件在中国石化行业发生过	类似事件在中国石化行业发生过	类似事件在中国石化行业发生过	类似事件在中国石化行业发生过
		<10 ⁻⁶ /年	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁵ /年	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴ /年	10 ⁻⁴ ~10 ⁻³ /年	10 ⁻³ ~10 ⁻² /年	10 ⁻² ~10 ⁻¹ /年	10 ⁻¹ ~1/年	≥1/年
	A	1	1	2	3	5	7	10	15
	B	2	2	3	5	7	10	15	23
	C	2	3	5	7	11	16	23	35
	D	5	8	12	17	25	37	55	81
	E	7	10	15	22	32	46	68	100
	F	10	15	20	30	43	64	94	138
G	15	20	29	43	63	93	136	200	

图2.1 风险矩阵图

其中后果等级可以查看中国石化风险矩阵后果严重性分级表、可能性查看发生的可能性等级分级表。

(1) 风险等级分为重大风险（红色）、较大风险（橙色）、一般风险（黄色）和低风险（蓝色）4个等级。本矩阵中的重大、较大风险分别对应于《中国石化全面风险管理暂行办法》（中国石化企〔2013〕182号）规定中的重大、重要风险。

(2) 风险矩阵中每一个具体数字代表该风险的风险指数值，非绝对风险值，最小为1，最大为200。风险指数值表征了每一个风险等级的相对大小。

(3) 对于某风险的具体风险等级，应当取三种后果中最高的风险等级，采用后果严重性等级的代表字母和可能性等级数字组合表示。例如：当后果等级为A，可能性等级为7时，其对应的风险等级为A7。

根据容忍区原则，中国石化风险矩阵中各级风险的最低安全要求见表2.1。

2. JSA运用

1) JSA概念

JSA是一个识别作业过程中的潜在危险因素，进而提出控制措施，从而减少甚至消除事故发生的分析工具、JSA把一项作业分成几个步骤，识别每个步骤中可能发生的问题与危险，进而找到控制风险的措施。

2) JSA工作步骤

- (1) 明确要进行JSA的作业任务；
- (2) 把作业按顺序分成几个步骤；
- (3) 分析每个步骤中可能的危害因素；
- (4) 分析可能发生的危险；
- (5) 制定消除或降低危险的方法与控制措施；
- (6) 交流与实施控制措施。

判明每一步骤涉及的人、机、料、法、环：即要使用的设备、要工作的对象、明确每一步骤所涉及的人员、了解作业现场周围的环境状况等。装置一般在开车准备阶段需经历吹扫、气密、置换、水运、热运、投料、运行等各个阶段，每一个阶段又有若干个过程组成，以废水焚烧系统开车为例运用JSA识别风险严重程度。

(二) 措施

根据废水焚烧系统开车JSA可知，我们一般从技术、管理、个体防护和应急四个方面制定措施，需根据具体的作业步骤做符合实际且具备可操作性的措施。从装置整体来讲，大体包含以下几个方面：

表2.1 各级风险最低安全要求表

风险级别	风险值RS	风险水平	最低安全要求	风险控制负责部门
低风险	RS<10	广泛可接受的风险	执行现有管理程序、保持现有安全措施完好有效，防止风险进一步升级。	基层单位
一般风险	10≤RS<15	容忍的风险	可进一步降低风险，设置可靠的监测报警设施或高质量的管理程序。	二级单位
	15≤RS<20	容忍的风险	可进一步降低风险。设置风险降低倍数等同于SIL1的保护层。	二级单位
较大风险	20≤RS<40	高风险，不可容忍的风险	1. 应当进一步降低风险。设置风险降低倍数等同于SIL2或SIL3的保护层。 2. 新建装置应当在设计阶段降低风险；在役装置应当采取措施降低风险。	主管部门
重大风险	40≤RS<60	非常高的风险，不可容忍的风险	1. 必须降低风险。设置风险降低倍数等同于SIL3的保护层。 2. 新建装置应当在设计阶段降低风险；在役装置应当立即采取措施降低风险。	公司领导层
	RS≥60	极其严重的风险，不可容忍的风险	新建装置改变工艺或设计。对在役装置应当立即采取措施降低风险，直至停车。	公司领导层

1. 工程技术方面措施

(1) 装置现场安装有符合规范的有毒气体检测仪，且处于完好状态。

(2) 装置现场安装有符合规范的可燃气体检测仪，且处于完好状态。

(3) 对可燃、有毒物料的密闭输送、密闭加工及安全控制，安全仪表SIS、安全泄压、紧急切断、紧急排放、紧急停车等

(4) 安全设施：风向标、警示标志、淋洗眼器系统等。

2. 管理方面措施

(1) 严格执行公司安全生产管理规定；

(2) 按照操作规程做好装置运行维护和监控，加强班组日常巡检，发现问题及时处理，确保装置安全运行；

(3) 加强装置区的运行监控和运行维护工作，严格执行操作规程，做到不超温、超压、超液位等工艺参数；

(4) 做好现场有毒气体报警仪、电视监控系统、联锁仪表的检测和维护，实现全天候、全方位的实施监控，发现问题和隐患及时进行消除；

(5) 做好现场月检、周检和日常检查，对发现的问题积极落实到责任人进行整改；

(6) 做好消防水炮、消防栓等消防设施日常维护，确保处于正常状态。

3. 个体防护措施

(1) 开展安全教育和特种作业技能培训，提高个体安全防护意识；

(2) 配备正压式空气呼吸器，防毒面罩，便携式报警仪等个体防护器材；

(3) 现场操作、巡检必须按规定着装，带防毒面罩、便携式氰化氢报警仪，危险区域巡检、操作必须两人同行。

4. 应急响应措施

(1) 编制整体、专项应急预案和现场事故应急处置方案。

(2) 加强员工应急预案学习和演练。

(3) 成立应急处置队伍，加强信息沟通，明确应急处置分工。

(4) 配备好空气呼吸器、对讲机、报警仪、应急药品等应急防护设施。

(5) 配备好储罐堵漏卡具、备件等。

(6) 落实好应急抢修队伍，紧急情况及时处置。

三、结论

综上所述，丙烯腈整个装置无论主、辅料还是产品，生产工艺，危险性极大，并且一旦发生事故后果也是比较严重的，因此必须对整个装置进行风险分析，中国石化安全风险矩阵是评定风险定级和风险值的重要工具，规定了中国石化可接受安全风险标准、评估指标和剩余风险值管理的最低安全要求，必须抓住上面要点。但JSA有一定的局限性，JSA由一个或一组人对作业进行分析，分析的结果在很大程度上取决于这些人对作业和安全的认识和经验，JSA只能进行定性分析，不能定量评估发生危险的可能性。JSA本身不能控制事故的发生，它需要作业人员切实落实JSA要求的各项控制措施，操作规程。因此应根据装置实际状况、环境状况、人员状况、管理状况等分析出装置风险清单、找出中、高风险加以重点关注，采取可行措施，降低风险值。安全风险管理始终贯穿于生产经营全过程，通过持续开展风险识别、风险评价、风险控制和风险监控，确保风险可接受。

参考文献

[1] 危险与可操作性分析质量控制与审查到则。T/CCSAS001-2018

[2] 危险化学品生产装置和存储设施风险基准 GB36894-2018

[3] 陈立强. 石油化工企业危险化学品安全管理思考[J]. 建筑工程技术与设计, 2019(3): 3961.

[4] 梁江玉. 石油化工企业危险化学品安全管理探讨[J]. 化工管理, 2019(18): 83-84.