

Risk Analysis of Carbon Monoxide Production Process

Shuai Han

Zhongsha (Tianjin) Petrochemical Co., Ltd., Tianjin, 300270, China

Abstract

Carbon monoxide production process is an important part of chemical production process, is also the national key supervision of the dangerous chemical process, its process is complex, the operation difficulty is high, if the production safety accident, the loss, caused by the social impact. In order to ensure the safe and stable operation of the carbon monoxide production unit and avoid production safety accidents, it is necessary to conduct a risk analysis of the carbon monoxide production process and identify the risks existing in each link. According to the analyzed risks, take corresponding control measures from various stages such as design, process control, operation and maintenance of equipment, and operation method, so as to control the risks of the production process.

Keywords

carbon monoxide; production process; risk

一氧化碳生产工艺过程风险分析

韩帅

中沙(天津)石化有限公司, 中国·天津 300270

摘要

一氧化碳生产工艺是化工生产工艺的重要组成部分,也是国家重点监管的危险化工工艺,其工艺复杂、操作难度大、危险性高,若发生生产安全事故,造成的损失大、造成的社会影响大。为了保证一氧化碳生产单元安全、平稳运行,避免发生生产安全事故,需要对一氧化碳生产工艺过程进行风险分析,识别各个环节存在的风险。根据分析出的风险从设计、工艺控制、设备运行及维护、操作方法等各个阶段采取相应的管控措施,进而控制该生产工艺的风险。

关键词

一氧化碳; 生产工艺; 风险

1 研究背景

化工行业是国民经济发展的基础行业,在国民经济中占有重要地位。由于化工行业工艺复杂、原料产品多样化,化工原料毒性大,易发生中毒、火灾爆炸事故,事故造成的影响大、损失惨重。一氧化碳作为一种重要的化学物质,在化学工业、冶金工业和作为燃料方面有着广泛用途,既可以用于合成甲醇、乙酸、光气、碳酸二甲酯等多种基础有机化工产品 and 中间体,又可以作为还原剂,用于提取铁和镍等金属材料,还可以用作燃料、颜色固定剂。所以,保证一氧化碳的生产工艺的安全性变得尤为重要,论文就着重分析一氧化碳生产工艺各个阶段、环节的危险性,为控制风险提供理论基础。

2 一氧化碳生产技术的分类

工业上常见的生产一氧化碳的方法有:煤气化法、焦化法、燃烧法和化学合成法生产一氧化碳。随着科技的发展

和环保意识的不断提高,这些技术也在不断改进和优化,以满足更加严格的环保要求和工业要求。生产工艺技术不同,所含的风险不同,此次研究以燃烧法为例,即天然气和氧气发生部分氧化反应生成一氧化碳。该工艺技术属于清洁生产工艺,不会对环境造成污染。

3 燃烧法生产工艺过程的风险性分类

3.1 燃烧法生产工艺介绍

论文介绍的燃烧法以中沙(天津)石化有限公司一氧化碳生产工艺为例。来自界外的高压氧气和高压天然气通过管道输送至高温反应器中,天然气在欠氧环境中发生燃烧反应,生成目标产物一氧化碳和释放大量的热量,同时也会生产二氧化碳、氢气、甲烷等副产物。为了得到纯净的一氧化碳,再利用脱碳剂脱除掉二氧化碳,利用深冷分离的方法将氢气、甲烷分离出来。

3.2 生产工艺的风险

3.2.1 氧化工艺的危险性

该生产工艺反应属于氧化工艺,符合国家安全监管总局《关于首批重点监管的危险化工工艺目录的通知》(安监总管三〔2009〕116号)^[1]、《第二批重点监管危险化工工

【作者简介】韩帅(1989-),男,中国山东人,硕士,工程师,从事石油化工研究。

艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》(安监总管三〔2013〕3号)的要求^[2],属于国家重点监管的氧化工艺。该工艺具有如下危险特性:①反应原料及产品具有燃爆危险性;②反应气相组成容易达到爆炸极限,具有闪爆危险;③部分氧化剂具有燃爆危险性,如氯酸钾、高锰酸钾、铬酸酐等都属于氧化剂,如遇到高温或撞击、摩擦以及与有机物、酸类接触,皆能引起火灾爆炸。

3.2.2 氧化工艺生产单元的风险等级

采用危险度法评价法对生产一氧化碳的单元进行危险性评价,依据 GB/T37243—2019《危险化学品生产装置和储存设施外部防护距离确定方法》^[3]。根据一氧化碳生产单元中存在危害最大的物质及其容量、操作温度、操作压力、操作特点等指标进行分类,每个指标又分四个级别 A、B、C、D 进行评比, A 对应 10 分, B 对应 5 分, C 对应 2 分, D 对应 0 分。最后根据得分评定危险度等级, 分值 ≥ 16 分时属于高度危险, 分值 11~15 分时属于中度危险, 总分 ≤ 10 分属于低度危险。

依据一氧化碳生产单元危险气体及易蒸发的液体的现场实际存量,利用危险度评价法评价,该单元含一氧化碳、甲烷、氢气等甲类可燃气体,取值 10; 气体在 500~1000m³ 之间,取值 5; 该单元操作最高温度 1000℃ 以上,且处于燃点以上,取值 10; 工作压力 2.8MPa,取值 2; 氧化反应,取值 5,最终得分 32。根据 GB/T37243—2019 附录 A^[3], 一氧化碳生产单元属于高度危险单元, 一氧化碳生产工艺危险性为高度危险。

3.3 物料泄漏造成的风险

3.3.1 物料泄漏造成火灾爆炸的风险

中沙(天津)石化有限公司一氧化碳生产单元的主要

原料为天然气和氧气, 产品为富含一氧化碳的合成气(主要组分: 一氧化碳、氢气、甲烷、二氧化碳、氮气), 其中天然气、一氧化碳、氢气均属于国家重点监管的危险化学品, 天然气、氢气均属于甲类气体^[4], 具有易燃易爆的危险特性。如果运行管线的法兰、阀门、仪表密封不好或发生故障, 造成物料泄漏, 泄漏的高压物料急速喷向周围环境, 极易形成爆炸性混合环境, 泄漏的高压气体遇到静电, 进而引发火灾爆炸事故。同时, 氧气是一种助燃性气体, 同时还是一种氧化性气体, 纯氧可以加剧燃烧或发生爆炸, 与可燃物和还原性物质接触, 有引起着火、爆炸的危险。在富氧环境下, 非可燃材料(包括防火材料)也会发生剧烈燃烧。油、油脂在富氧环境中特别危险, 可以氧发生剧烈反应导致起火或爆炸。所以, 生产一氧化碳的氧气管线及连接法兰的螺栓、垫片在投用前必须进行除油脱脂操作, 以防发生火灾爆炸事故。该一氧化碳生产工艺系统属于高温高压反应系统, 一氧化碳反应器如果发生泄漏, 泄漏的高温物料因超过其自燃点而发生着火, 进而会引发爆炸事故。

①物料泄漏造成火灾爆炸危险的严重程度。

利用 FLACS (Flame Accelerate Simulator) 软件模拟计算一氧化碳生产单元气体泄漏后蒸汽云的爆炸压力。中沙(天津)石化有限公司所在地区年平均风速为 4.1m/s, 模拟时取风速 4.1m/s、大气稳定度 F (稳定)、泄漏孔径取 50mm, 泄漏类型为水平有阻碍。高压天然气在加氢反应器 V-201 中进行加氢脱硫, 然后再和氧气发生部分氧化反应, 取合成气发生器前含有危险介质的加氢反应器 V-201 作为爆炸模拟研究对象, 输入以上模拟条件, 根据模拟数据, 得出加氢反应器 V-201 发生泄漏爆炸的超压曲线分布图, 如图 1 所示。

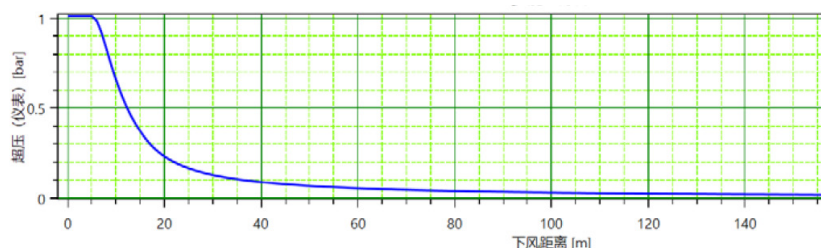


图 1 加氢反应器爆炸超压值与距离关系

由图 1 可以看出, 当加氢反应器 V-201 发生泄漏引发爆炸时, 爆炸点周围压力可达到 100kPa, 30m 处爆炸压力 12.5kPa, 距离爆炸点 50m 处爆炸压力仍可达 6.9kPa。根据图 1 压力与距离的关系, 在 30m 处设置一点 P 作为压力监测点, 利用模拟软件模拟 P 点承受的压力与时间的关系, 如图 2 所示。

由图 2 可知, 0.7s 后 P 点压力即可达到 12.5kPa。根据图 1 和图 2 可知, 一氧化碳生产单元加氢反应器 V-201 发生泄漏爆炸时, 爆炸超压值之大和空气冲击波传输的速度之快。由此可知, 物料发生泄漏引发的火灾爆炸的危害程度。

3.3.2 物料泄漏造成中毒的风险

一氧化碳不仅属于易燃易爆的危险物质, 而且还属于

有毒有害的危险物质。根据国家卫生部 2003 年颁布的《高毒物质名录》^[5] 的分类, 一氧化碳属于高毒物质。一氧化碳在血液中极易与血红蛋白结合, 且不易分离, 进而造成组织缺氧。轻度中毒者出现剧烈头痛、头晕、呕吐、无力, 中度中毒者除出现上述症状外还会出现浅至中度昏迷。长时间接触高浓度的一氧化碳, 会造成深度昏迷、休克、呼吸衰竭直至中毒死亡。一氧化碳的最高容许浓度为 20mg/m³, 若浓度超过此值, 就会对环境中的人员造成伤害, 直至死亡。一氧化碳生产单元设备及管线内充满富含一氧化碳的合成气, 若发生设备及管线泄漏, 一氧化碳会伴随合成气泄漏至周围环境中, 进而对周围环境中的人员造成中毒的风险。

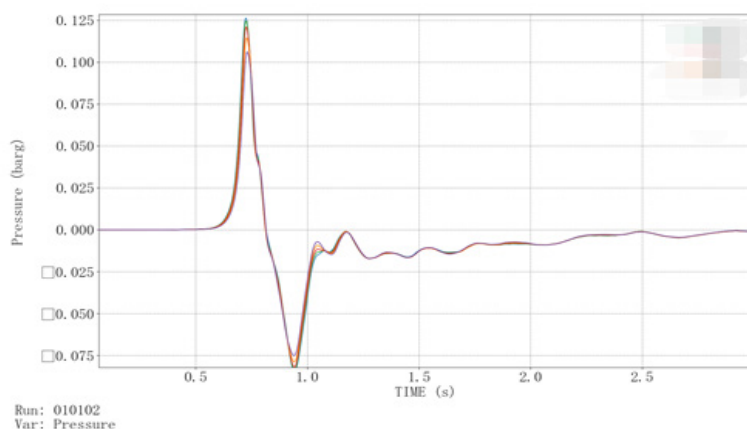


图2 加氢反应器爆炸超压值与距离关系

3.4 设备运行带来的风险

3.4.1 高温烫伤、低温冻伤风险

一氧化碳生产单元具有天然气加热炉、合成气反应器，天然气加热炉利用天然气作为燃料将高压原料天然气加热至600℃，同时炉膛温度可达680℃，合成气反应器温度高达1300℃，高温物料、设备会造成人员烫伤。为了得到纯净的一氧化碳产品，采用深冷分离的方法将一氧化碳分离提纯。冷箱系统最低温度可达-200℃，低温物料、设备会造成人员冻伤。

3.4.2 触电、机械伤害、噪声风险

一氧化碳生产单元具有泵、压缩机，空冷器等转动设备，驱动方式为电力，若电缆维护不当、接触不良、绝缘老化、保护装置失灵会造成触电危险。同时设备运行过程中会产生噪音，也会带来噪声危险。若操作不当、设备防护设施损坏或设备维修过程中，会造成机械伤害的危险。

3.4.3 静电风险

物料在管线内部输送过程中易产生静电，静电若不及时导出系统，就会越积越多。静电能量虽然不大，但因其电压很高容易发生放电，产生静电火花，引起燃烧、爆炸事故。产生的静电必须及时导出物料管线系统。

3.5 人的不安全行为带来的风险

化工生产分为日常操作、开停车操作、事故应急处置操作，每个操作都需要严格执行操作规程和操作标准，严格控制温度、压力、液位在工艺指标范围内。如果操作中存在人的不安全行为，未按操作规程执行，未合理控制温度、压力，轻则会发生超温、超压，触发联锁停车，影响生产运行，重则会发生火灾爆炸事故，危险性非常大。所以生产过程中，要坚决制止人的不安全行为，严格按照操作规程执行生产操

作，重视一伸手，严防误操作。

直接作业环节是安全事故多发环节，尤其是设备检维修过程中人员的不安全行为。未严格执行检维修作业前进行工艺处理、能量隔离，未严格执行检维修作业过程的规章制度，未严格执行作业管理制度进行作业管理，作业环节违章频发，以上人的不安全行为都将直接导致事故发生，所以，直接作业环节人要坚决制止人的不安全行为。

4 总结

论文通过分析，总结了一氧化碳生产过程中存在风险，主要有生产工艺风险、物料泄漏风险、设备运行带来的风险、人的不安全行为带来的风险。风险不一样造成的影响也不一样，生产过程中，需要严格控制各个环节的风险，根据识别出的不同风险，采取相应的风险管理措施，就可以大大降低事故发生的概率。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部,国家安全生产监督管理总局.关于首批重点监管的危险化工工艺目录的通知(安监总管三〔2009〕116号)[Z].2009.
- [2] 中华人民共和国卫生部,国家安全生产监督管理总局.第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知(安监总管三〔2013〕3号)[Z].2009.
- [3] GB/T31243—2019 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[S].中国质检出版社,2019.
- [4] GB/T50493—2019 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警仪设计标准[S].北京:中国标准出版社,2019.
- [5] 中华人民共和国卫生部.高毒物品名录(卫法监发〔2003〕142号)[Z].2003.