

“青海 100 万吨钾肥综合利用工程” 工艺技术与安全生产分析 (续一)

王小华¹, 房伟青¹, 井发启¹, 张 萍², 郭 勇², 贾永忠³

(1 青海省安全生产科学技术中心, 青海 西宁 810001;
2 青海省安全生产监督管理局, 青海 西宁 810001;
3 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘 要:青海盐湖资源丰富, 从单一钾肥产品向石油天然气与盐湖化工结合的下游产品发展, 生产氢氧化钾、碳酸钾、乙炔、氯乙烯、聚氯乙烯、合成氨和尿素, 实现循环经济和综合利用, “青海 100 万吨钾肥综合利用工程”, 势在必行。运用安全系统工程的方法, 分析了所采用的工艺技术以及生产设施设备在项目投产运行后存在的主要危险、有害因素及其产生的危险、危害后果; 提出了消除、预防或减弱危险性、危害程度的对策措施, 以实现项目的本质安全和安全生产。

关键词:盐湖; 综合利用; 安全生产; 本质安全; 安全评价

中图分类号: F426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008—858X (2009) 03—0069—04

合成工序工艺严格、设备复杂, 而且生产的介质是含高氢的易燃易爆气体, 产品氨具有重大毒害。生产中高压与低压共存, 高温与低温同在, 设备技术高, 缺陷危险大, 因此, 合成工序一旦事故发生所造成的后果特别严重。液氨在贮罐内, 处在一定压力和低温, 一旦泄漏将使人员中毒、冻伤。合成氨生产中, 液氨大规模事故性泄漏会形成低温云团引起大范围人群中毒, 遇明火发生空间爆炸。一氧化碳、硫化氢的中毒频度和严重度是化工生产中最高。二段转化和甲烷化中使用镍触媒, 在低温时和开停车过程中镍触媒易生成羰基镍。羰基镍除可经呼吸道和消化道吸收外, 可经皮肤吸收, 吸入后可致肺水肿, 影响大脑及肺, 严重病例能发生惊厥、丧失知觉和死亡。生产过程中使用的原料、中间产物一氧化碳、二氧化碳、氢气等, 在生产区内, 一旦吸入量超标, 易造成缺氧窒息危险。

5) 尿素 尿素装置生产工艺为传统型 CO₂

汽提法。尿素生产主要为氨的加压及 CO₂ 气压缩工序、合成及汽提工序、循环工序、尿素溶液贮存及蒸发、造粒工序、解吸和水解工序。

在尿素生产过程中, 火灾爆炸危险来源于原料氨有爆炸性, 同时原料液氨中溶解有少量的爆炸性气体 H₂。原料二氧化碳中往往含有氢、一氧化碳、甲烷等杂质; 此外, 由于放空尾气中含有氢、氨、氧等, 在某种条件下都会形成爆炸性气体混合物。尿素生产压缩工序中的 CO₂ 压缩机, 由于操作不当、设备缺陷等会引起超压而发生物理爆炸。气体 CO₂ (含氢、一氧化碳) 泄漏后可造成空间爆炸, 润滑油气化可造成曲轴箱的爆炸; 液氨泄漏后同样造成空间爆炸。尿素生产中爆炸性气体形成的主要生产环节在清洗器气相和尾气吸收塔 (常压吸收塔) 气相部分。在这些部位, 爆炸性组分达到了相当高的程度, 在一定的温度和压力下, 如遇到外界的引爆因素 (火花、撞击、摩擦、雷击等), 就有可

收稿日期: 2008—10—20; 修回日期: 2009—03—26

作者简介: 王小华 (1969—), 男, 副研究员, 主要从事化工、冶金、金属非金属矿山生产安全评价和安全生产技术研究。

通讯作者: 贾永忠 E-mail: jwyzh@hotmail.com

能发生爆炸。生产中使用的主要设备尿素合成塔、脱氢反应器、高压气提塔、高压甲胺冷凝器、压缩机等均为高压设备,内有物料二氧化碳、氨、尿素等物质,若操作条件失误,设备或自控仪器出现故障,均有可能造成设备超温,容器、管道憋压,设备内物料泄漏。液氨有可能发生泄漏、蒸发及扩散,如果发生较大规模的泄漏事故,还将对周围环境造成严重污染,造成较坏的社会影响。

尿素生产中物料对设备具有很强的腐蚀性。甲铵液的腐蚀是由于电化学腐蚀和水解而产生游离碳酸而引起的。高温下尿素的腐蚀是由于尿素异构化产生氰酸铵,氰酸铵分解生成游离氰酸引起的。由于氰酸根离子(CNO^-)对不锈钢的氧化膜有强烈的破坏作用,温度越高,腐蚀作用越大,从而设备(尿素合成塔等)和输送管道可能被其腐蚀,发生泄漏事故。在尿素生产过程中,尿素高压设备处于高温、高压、甲铵浓度相对较高的环境中,所以,尿素高压设备的腐蚀情况较为严重。

二氧化碳为窒息性气体,若大量泄露,一旦吸入量超标,会造成人员的窒息性死亡。

生产中有尿素合成塔、循环加热器、高压汽提塔、换热设备(水解塔换热器、解吸塔换热器)等高温设备,如蒸气管路等表面,保温、隔热效果不好,易发生物理烫伤。生产中使用液氨防护不当,会对人体造成化学灼伤。生产中利用余热或反应热产生低压蒸气,发生泄漏也会产生烫伤。

尿素在输送转运及储存过程中,还会产生粉尘危害。

6)空分系统 制氧工艺流程复杂,设备多样,工艺连续,相互关联;设备压力高、中、低并存;温度至深冷;转动设备、电器设备、储罐等属三类压力容器;在生产中对设备需要维护、检修、日常巡查等,以规避电气危害、机械危害、高处坠落危害、起重危害、压力容器和管道爆炸危害、噪声危害等。

1.2.2 特种设备的分析

1)压力容器及压力管道 由于本项目生产过程中使用了一些压力容器及压力管道,生产过程中若操作不当,或由于压力容器及压力

管道本身存在的缺陷,可能引起泄漏而导致中毒、火灾、爆炸等事故。

2)起重设备 起重设备操作、指挥不当,或由于设备本身缺陷,又没能及时按规定进行定期检测,可能引起起重伤害。常见的起重伤害有挤压、撞击、钩挂、坠落、出轨、倒塌、倾翻、折断、触电、高空坠落等。

3)其它设备的分析 其它设备主要是指转动设备、电气设备等。转动设备发生危险、有害因素的可能是机械伤害。电气设备发生危险的可能主要是结合部的漏电,以及保护失效而产生的触电、燃烧或电气爆炸。换热装置的危险主要是设备因锈蚀和连接部位密封失效而发生有害物质的泄漏。提升设备发生危险的可能主要是超载坠落等。企业内车辆发生危险的可能主要是超速或制动失灵而发生的车祸。焊接气割设备发生危险的可能主要是气瓶爆炸、电焊触电、灼烫、火灾、弧光、烟尘等。

1.3 产生危险、危害的主要原因

该项目中产生危险、危害的主要原因涉及诸多方面:工艺技术的不完善;设计、安装、施工中的失误;监理工作不到位;设备原材料质量以及人为失误等。

该项目运行中存在固有的危险、危害因素,设备腐蚀是导致物料泄漏、火灾、爆炸、中毒等事故发生的重要原因之一。氢气、天然气输送过程中,由于流动、搅动、混合和冲击,易产生静电积聚。人体极易带上能引起爆炸、火灾事故的高电位静电,静电放电是导致发生火灾爆炸事故的重要原因之一。焊接、切割动火作业是项目设备设施安装、检修过程中常见的作业方式,若违章动火或防护措施不当,易引发火灾爆炸事故。未加装阻火器的机动车辆排除的尾气中可能夹带有火星、火焰,引起泄漏的易燃易爆物质燃烧或爆炸。电火花和电弧电气设备在运行过程中,可能产生点火源而引起火灾爆炸事故。电气线路短路、过载、接触不良、散热不良等引起变电所和配电室的电气火灾。过载、绝缘损坏、接触不良、选用不当、单相运行、机械摩擦、铁损过大、接地装置不良等是引起电动机发生火灾的主要原因。项目中的各种泵、风机、压

缩机、输送设备等机械设备外露传动转动部分,如果没有防护装置或防护装置损坏,所有转动机械外露部分没有设置必要的闭锁装置,工人操作失误就会发生挤、扎、绞伤等机械伤害。厂内所有钢平台及钢楼梯踏板如没有采用花纹钢板或栅格板,工作人员在工作中可能发生滑倒摔伤或高处坠落事故。腐蚀造成设备管道的泄漏、违章操作导致的泄漏或误接触,在没有采取必要的个人防护时,导致生产中可能出现化学灼伤危害。化工生产过程有的生产装置需在高温条件下进行反应,若高温的设备、管道保温、防烫措施不当或损坏,在没有采取必要的个人防护时可能造成热力灼伤,损害人体健康。化工生产的单元操作过程均有涉及接触到工艺反应过程的蒸汽、酸雾、热腐蚀性介质及高温熔融体等,因腐蚀会导致泄漏,在没有采取必要的个人防护时可能造成复合性灼伤甚至危及人的生命。在生产过程中使用各类生产设备都会产生不同程度的噪声,在没有按规定进行降噪、消声、隔音处理,可能会发生噪声污染;对接触噪声作业人员的听力构成危害,可引起岗位操作人员听力减退和神经衰弱征,严重时造成职业性耳聋。工作场所的井、坑、孔、洞或沟道如没有防护栏杆或盖板等防坠落的安全设施,可能会造成操作人员高处坠落伤害。车间内的工作平台四周临空部分没有按规定设置 1.2m 的防护栏杆,车间内吊物孔没有设置活动盖板或活动栏杆、因场地有限而设置的爬梯、楼梯均没有设置扶手,房顶若有检修的设备,房顶四周没有设不低于 1.2m 的栏杆,均可能会因操作人员在工作中不慎而造成伤亡事故的发生。对需要到各种塔、釜、罐、管道上操作的部位,如没有安装操作平台、支架等安全防护设施的,操作时又未能严格遵守各项安全操作规程和劳动纪律,操作人员易发生高处坠落事故。金属工具、法兰盘、鞋钉等金属物,若在危险场所内与地面、工艺设备、管道等发生摩擦或撞击,就可能产生火花,在易燃易爆场所均会引起火灾爆炸。检修作业中会因任务忙而忽视办理动火证,对动火设备装置清洗置换不彻底,极有可能发生火灾爆炸事故。检修停车时未进行保护气体置换,或置换不完全,如果有明火或火源存在,极

易引起爆炸。试车过程中由于交叉作业,防护条件尚不完全到位,稍有疏忽可能发生物料泄露而引起火灾、爆炸、中毒、化学灼伤、触电、高处坠落等事故。由于试车方案不完善,不严格执行单体试车、联动试车、全流程试车以及气体置换、连锁报警、检测仪表调试等安全操作规程,容易造成物料泄露,引起意外事故。试车中会由于操作人员经验不足,可能导致误操作或指挥失误,设备、管线本身存在缺陷,也可能引起物料泄露而发生意外事故。

如没有按规定要求配置适合的、足够的消防设施、器材、器具,或配置的消防设施、器材、器具不能适应灭火要求,就不能及时扑灭现场火灾,而对生产造成巨大的损失。控制仪表失效或没有及时进行检修排除故障,使控制系统及控制仪表不能正常、准确显示系统的数据,就不能有效控制生产的正常进行,失去控制的生产就会造成火灾、爆炸、中毒等事故。其它自然灾害也可能对安全生产产生一些危险危害,如生产厂房及工艺设备等因防雷设施不齐备,或因管理疏忽,导致防雷效果降低,甚至失去作用,则可能在雷雨天因雷击引发火灾爆炸事故。由于项目所用原料天然气,以及中间产品氢气、氯气等均为易燃、易爆气体或液体,泄漏后遇到明火源或者带压泄漏本身产生静电会引发火灾、爆炸事故。因此,有关易产生明火、高热、电火花等设施的布置,应在风向方面加以考虑。地震是具有较强破坏力的自然因素,该地区地震烈度Ⅶ,根据有关资料,该地区地震烈度应以Ⅶ度设防。

其他违章作业和安全管理不善等人为的不安全行为也对安全生产产生危险、危害。

2 对项目的安全分析方法和单元划分

2.1 采用的方法

“青海 100 万吨钾肥综合利用项目”装置和生产过程中存在着多种危险有害因素,会经常性地生产、贮存、输送和使用多种易燃易爆、有毒和具有腐蚀性的大量危险化学品物料,而且工艺复杂,流程较长,许多设备管道装置在高

温、冷冻、带压、带电条件下长期运行;因此,采用科学的方法分析和辨识危险因素,进而采取有效对策措施至关重要。在分析和辨识中我们采用了道化学(DOW)评价、事故树、预先危险性分析(PHA)、危险度评价法以及安全检查表法。

2.2 生产装置分析单元的确定

生产装置分析单元划分主要遵循以下原则: a 以可能造成人员伤害的危险设备、设施及作业场所为对象,突出重点,抓住主要环节; b 充分考虑工艺管理上的联系,将工艺联系紧密的一个或几个主体生产设备、设施为中心划分危险源; c 考虑各装置在平面、空间布置的关系。

根据以上原则,将该项目划分成以下分析单元,见表 2。

3 工程项目安全生产分析

3.1 安全检查表分析

3.1.1 安全检查表分析内容

从安全卫生防护要求、自然灾害的威胁程度及抗御的可能性、外部环境影响等角度,对项目建设的厂址选择、总平面布置等方面进行分析,提出相应的完善和防护措施,以达到工程的本质安全化要求。

3.1.2 安全检查表分析结果

a 本项目各生产装置采用国内外先进成熟的工艺技术,工艺技术方案选择合理,可满足安全生产要求; b 本项目选址较为合理,符合有关规划要求,各生产装置和各生产厂房的间距满足规范要求; c 各装置区内按功能分区较明确,厂房之间的间距满足规范要求; c 对消防设施、防雷、防静电设施、防爆泄压等设施均有所考虑和落实。

3.2 预先危险性分析

3.2.1 分析内容

对各单元生产、储存过程存在的各种因素(类别、分布)、出现的条件和事故可能造成的后果进行宏观、概略的系统分析。

表 2 分析单元及分析方法选择结果表

Table 2 Selection result table of analytical unit and analysis way

序号	评价单元	分析方法
1	合成氨生产装置	(1)预先危险性分析方法(定性) (2)道化学(DOW)火灾、爆炸指数评价方法(定量) (3)危险度评价法(定性)
2	乙炔生产装置	(1)预先危险性分析方法(定性) (2)事故树评价方法(定性) (3)道化学(DOW)火灾、爆炸指数评价方法(定量)
3	尿素生产装置	(1)预先危险性分析方法 (2)危险度评价方法
4	氯乙烯、聚氯乙烯生产装置	(1)DOW 化学火灾、爆炸指数评价方法 (2)危险度评价方法
5	氢氧化钾、碳酸钾生产装置	(1)预先危险性分析方法 (2)危险度评价方法
6	供热中心装置	(1)预先危险性分析方法 (2)事故树评价方法
7	空分制氧装置	(1)预先危险性分析方法 (2)事故树评价方法
8	仪表及自动控制评价单元	(1)预先危险性分析(PHA) (2)安全检查表(SCL)
9	消防系统评价单元	预先危险性分析(PHA)
10	电气系统评价单元	(1)预先危险性分析(PHA) (2)安全检查表(SCL)
11	特种设备评价单元	预先危险性分析(PHA)

(未完待续)