

“青海 100 万吨钾肥综合利用工程” 工艺技术与安全生产分析

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)02-0069-04

0 引 言

随着国家西部大开发首批十大重点工程之一的青海盐湖 100 万吨钾肥项目的建成投产, 察尔汗盐湖资源的开发也进入了一个新阶段。青海盐湖工业集团计划从单一的氯化钾产品向氢氧化钾、碳酸钾、硝酸钾、金属镁、无水氯化镁、氧化镁、PVC 等石油天然气与盐湖化工结合的下游产品发展。以石油天然气、盐湖无机盐为原料, 充分利用柴达木盆地良好的能源(石油、天然气、煤炭以及太阳能、风能等)、盐湖无机盐资源配置, 建设中国第一个盐湖资源和石油天然气资源结合的新型石油天然气盐化工基地。

为了充分利用各种盐湖资源, 进一步提高产品的附加值, 全国最大的两家钾盐生产企业——青海盐湖工业集团和山西文通钾盐集

团, 拟合作发挥双方的技术和生产管理优势, 充分利用柴达木的资源优势, 走盐湖资源的深层次综合开发之路。

“青海 100 万吨钾肥综合利用工程”的建设, 将改变青海省及西北地区没有大型聚氯乙烯生产装置的现状, 使国家氯碱工业产品的布局更为合理; 使柴达木盆地的天然气资源优势与察尔汗盐湖的盐资源优势紧密地结合起来, 弥补当地距内地主要市场运距远的缺陷。不但使企业获得良好经济效益, 也为企业进入良性的可持续发展奠定基础, 而且使察尔汗盐湖的资源优势转变为经济优势, 从而带动整个察尔汗盐湖资源的开发建设, 促进地方经济发展, 改善地区的就业状况, 对支撑青海省经济增长具有重要意义。

“青海 100 万吨钾肥综合利用工程”是青海盐湖集团利用产品氯化钾和柴达木盆地丰富的天然气为主要原料生产氢氧化钾、碳酸钾、乙

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: jeyz@lpmail.com

炔、氯乙烯、聚氯乙烯、合成氨、尿素的综合利用工程。工程主要建设装置有 12×10^4 t/a 氢氧化钾生产装置, 8×10^4 t/a 碳酸钾生产装置, 4.5×10^4 t/a 乙炔生产装置, 10×10^4 t/a 氯乙烯生产装置, 10×10^4 t/a 聚氯乙烯生产装置, 19×10^4 t/a 合成氨生产装置, 33×10^4 t/a 尿素生产装置, 2×10^4 m³/h 氧气生产装置。

从安全生产角度出发该工程具有以下特点:

a 该工程技术集成度高、生产装置多、生产危险性多而大;

b 各生产装置原料、产品相互关联,但各装置生产过程的危险、有害因素又不尽相同;

c 生产过程中某一装置发生事故时会危及其它生产装置的安全运行;

d 各生产装置均系新建,在安全机构设置、安全管理、安全生产责任制、安全操作规程和人员培训要求等方面的要求基本相同;

e 综合利用工程中各生产装置分布在同一工业区,地质、气象条件相同。

针对以上特点,对该工程各生产工艺、技术和装置进行危险、有害因素辨识,并提出相应的

安全对策措施。针对该项目存在的劳动安全、职业危害、危险因素和危害程度,提出合理可行的劳动安全技术和 管理对策,达到本质安全 和生产安全。

1 危险、有害因素辨识与分析

1. 1 生产过程中危险、有害因素分析

“青海 100 万吨钾肥综合利用项目”工程中多套装置集中布置在一个工业区内,而各装置中均存在着多种危险有害因素。生产过程中会经常性地生产、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;因工艺复杂和流程较长,许多设备管道装置发生在高温、冷冻、带压、带电条件下长期运行,一套装置发生事故还可能会波及其它装置。因此,做好各装置间出现事故状态时的应急预案,需要科学地对众多危险因素进行分析辨识,以便采取有效应对措施。

1. 1. 1 主要物料的危害特性

见表 1。

表 1 主要物料危险特性
Table 1 Hazardous characteristics of main materials

序号	物料名称	危险特性	空气中爆炸 极限 /%	火灾危险 分类	最高容许 浓度 /(mg/m ³)	毒物危害 程度分级
1	乙炔	易燃易爆、有害	2.5~82	甲	—	—
2	氯乙烯	易燃易爆、有毒	3.6~31	甲	10*	I
3	氯化氢	有毒及腐蚀性	—	—	7.5	III
4	聚氯乙烯	可燃、粉尘具有爆炸性	—	丙	—	—
5	引发剂	易分解、分解产物可燃	—	甲	—	—
6	氢气	易燃易爆	4.1~74.2	甲	—	—
7	氯气	有毒	—	乙	1	III
8	氢氧化钾	强腐蚀性	—	—	—	IV
9	天然气	易燃易爆	5~15.8	甲	—	—
10	一氧化碳	易燃易爆、有毒	12.5~74.2	甲	20	II
11	二氧化碳	高浓度有窒息危险	—	—	9000*	—
12	氨	可燃、易爆、有害	15.5~27	乙	20*	IV
13	羰基镍	易燃易爆、有毒	2.0~34	甲	0.002	I
14	氮气	高浓度有窒息危险	—	—	—	—
15	尿素	可燃	—	丙	5*	—

注: * 为时间加权平均容许浓度

1.1.2 生产过程中的主要危险、危害

1) 火灾爆炸 生产中的物料如天然气、氢气、乙炔、氯乙烯、氨和一氧化碳等均属易燃易爆物质, 当这些物质与空气混合达到一定浓度并遇到火源后, 就有燃烧爆炸危险。

2) 中毒、腐蚀 生产过程中的物料多数具有毒性, 如氯气、氯乙烯、氨和一氧化碳等, 有的物质还有致癌性, 如氯乙烯。另外, 一些物料具有强烈的腐蚀性, 如盐酸、氢氧化钾溶液等。当这些物料泄漏时, 人体接触或吸入, 都将对人体产生危害。

3) 触电、机械伤害、噪声 生产过程中使用了大量的转动设备和电气设备, 存在触电、机械伤害、噪声等危害。

4) 粉尘 聚氯乙烯、尿素在输送转运及储存过程中, 会产生粉尘危害。

5) 其它危害有灼伤、高处坠落等。

1.2 主要工艺技术、设备危险、有害因素的分析与辨识

1.2.1 钾碱、碳酸钾、乙炔、氯乙烯、聚氯乙烯、合成氨、尿素、空分主要危险、有害因素的分析与辨识

1) 钾碱生产 该部分主要装置有电解槽、二合一石墨合成炉、液氯分离器、氯气压缩机、氢气压缩机、流化床反应器等。

电解槽是氢氧化钾生产装置中的主要设备。如电解槽槽盖及排出管密封不严, 会导致氯气和氢气泄漏, 引起氢气或氢气与氯气混合物遇火源发生燃烧或爆炸。二合一石墨合成炉是将氯气和氢气在炉内进行燃烧生成氯化氢气体, 会在火焰燃烧区内由于出现局部过热而发生爆壁。液氯分离器的主要作用是按照工艺要求分离液化器中与致冷剂换热被液化的液氯, 该设备可能存在的危险、危害因素是泄漏, 泄漏物质主要是液氯, 对人员可能造成中毒的危害。氯气压缩机、氢气压缩机可能存在的危险、危害因素是有害气体氯气、氢气的泄漏、机组系统的爆炸等。碳酸钾生产的主要设备是流化床反应器和燃烧炉, 可能存在的危险是操作温度控制不当造成的设备损坏, 引起危险物质泄漏造成人员烫伤、中毒、窒息等。氢氧化钾装置、碳酸

钾装置所涉及的介质具有腐蚀性 (氢氧化钾、硫酸、次氯酸钠、氯化氢、盐酸), 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。

2) 乙炔生产 乙炔生产主要包括部分氧化工序、裂化气压缩工序、乙炔提浓工序、溶剂处理和溶剂贮存工序、炭黑水处理工序、乙炔加压工序。

部分氧化工序中, 采用设备主要为水分离器、加热炉、乙炔炉、裂化气冷却塔、电除尘器等。由于处理物料或生成物质为天然气、氧气、乙炔、一氧化碳、氢气、高级炔等, 具有易燃、易爆性, 而且在一定的压力、高温下进行, 并有点火源存在, 故该工序存在较大的火灾、爆炸危险性。裂化气压缩工序中, 主要设备为裂化气气柜、螺杆压缩机等。乙炔提浓工序中, 主要设备为预吸收塔、主吸收塔、逆流解吸塔、预脱气塔、真空脱气塔、气提塔、高级炔气提塔、尾气水洗塔、水洗塔、换热器、加热器、溶剂泵、真空鼓风机、粗乙炔气柜等。由于这些设备大部分是在带压情况下运行, 带压操作设备由于设计不合理、安装制造缺陷、溶剂腐蚀致壁厚变薄等原因可能引起物理爆炸, 继而由于气体大量外泄发生化学爆炸。乙炔加压工序中的乙炔升压机, 应选用专用压缩机, 选用不当, 易造成爆炸事故隐患。炭黑水处理工序中, 收集槽和集水池的液位控制不当, 将水送回装置的泵有可能吸入空气而发生火灾、爆炸事故。乙炔生产过程中使用的原料天然气、裂化气、循环气中含乙炔、一氧化碳、二氧化碳、氢气等, 尾气中主要为一氧化碳、氢气等混合物; 一旦吸入量超标, 易造成缺氧窒息、中毒危险。乙炔生产装置的噪声源主要来自于裂化气压缩机、各类泵、真空鼓风机、乙炔升压机、蒸汽喷射器等。

3) 氯乙烯、聚氯乙烯生产 a 氯乙烯生产分为原料气干燥工序、转化工序、氯乙烯净化及压缩工序等。

原料气干燥工序主要设备是变压吸附分离装置、氯化氢除雾器、氯化氢冷却器、硫酸干燥塔、混合器、混合气预热器。本工序中处理物料有气相乙炔, 如有泄露遇明火源、输送管路流速过快引起静电积聚易发生火灾爆炸、中毒事故。

氯化氢气体含水遇低温而生成盐酸,易对各输送管线及设备造成腐蚀,泄露后易造成化学灼伤、中毒事故。浓硫酸和吸水后硫酸对流经设备及管线有强腐蚀性,泄露后易造成化学灼伤、中毒事故。转化工序主要设备有转化器、热水槽等。在此工序主要发生气体物料粗氯乙烯泄露而发生火灾爆炸、中毒等事故。辅助物料盐酸、氢氧化钠溶液泄露而发生化学灼伤、中毒事故,且对流经管线及设备有腐蚀性。氯乙烯净化及压缩工序主要设备有降膜吸收器、水洗塔、碱洗塔、碱循环槽、碱液贮槽、氯乙烯气柜、压缩机等。粗氯乙烯混合气主要含有氯乙烯、氯化氢、乙醛、二氯乙烷及微量乙炔等,泄露后易发生火灾、爆炸、中毒事故。氢氧化钠、回收盐酸对流经设备及管线有腐蚀性,泄露后易发生化学灼伤、中毒事故。氯乙烯精馏工序主要设备有冷凝器、低沸塔、高沸塔、尾气变压吸附分离装置、回收塔、氯乙烯球罐。该工序主要存在危险、有害因素是物料泄露易发生火灾、爆炸、中毒、低温伤害事故。卸触媒及废水处理工序,该工序应注意操作安全防护,易发生中毒、机械伤害事故,处理不当对环境易造成污染。b 聚氯乙烯生产中主要存在危险因素是火灾爆炸、中毒事故。引发剂、分散剂、缓冲剂、终止剂等易发生操作人员中毒、化学灼伤事故。引发剂如遇还原性物质,在常温下会发生反应而引起燃烧,甚至导致火灾爆炸事故。此外,该部分可能由于泄漏发生 VCM 中毒事故。生产装置中有气提塔、回收塔、空气加热器等操作单元,使用蒸汽作热源,由于蒸汽设备及输送管路泄露,造成高温烫伤危害。精氯乙烯贮槽及各类氯乙烯液化场所可能发生冷冻伤害。干燥包装时发生机械伤害事故,聚氯乙烯含 VCM 超标,作业现场会发生中毒事故、PVC 粉尘危害等。

4) 合成氨 以天然气为原料生产合成氨的工艺分为乙炔尾气脱硫造气工序、中低变甲烷化工序、脱碳工序、合成气压缩工序、氨合成工序。

合成氨生产过程中使用输送和处理的一些物料在特定条件下具有燃烧、爆炸的性质。一些物料为有毒、腐蚀性或窒息性物料。工艺过程中的一些设备属高压容器,部分工艺操作属

高温操作,部分泵及风机类设备会产生强噪声。各工段产生的混合气、中间产物及产品在一定条件下会引发燃烧爆炸。同时,在生产中使用的设备多为大型设备,对设备的维护、检修、日常巡查等属于高处作业,存在着高处坠落的危险。从生产过程的特点可知,其主要危害种类有爆炸、火灾、中毒、窒息等;次要危害种类有触电、机械伤害、噪声、烫伤及高处坠落等。合成氨生产过程中,所涉及物料有氢气、一氧化碳、甲烷、氨等,如泄漏后在空气中达到爆炸极限范围时,在引爆能(温度、火花、高热、静电、雷击等)作用下发生燃烧和爆炸。造气工序的转化气废热锅炉、中变废热锅炉、合成废热锅炉由于缺水、原料气加热炉、空气加热炉、二段转化炉,会因钢材质量不合要求、焊接缺陷、超压等因素造成锅炉爆炸或管子爆破引起爆炸事故。合成氨生产压缩工序中的空气压缩机、乙炔尾气压缩机、合成气压缩机,由于操作不当、设备缺陷等会引起超压而发生物理爆炸。还有气体泄漏后可造成的空间爆炸,抽负压时的爆炸、空气试压时爆炸、润滑油气化而造成曲轴箱的爆炸等化学爆炸。变换工序生产的特点,一是变换前的半水煤气中有高含量的一氧化碳(含 CO 28%),变换后的气体含有高氢(含氢气 70%左右),因此,化学爆炸与火灾事故易发。二是变换工序具有反应、换热、分离多种类化工压力容器,这些容器又受温差大、气液交替、易腐蚀等的影响,使其疲劳或薄弱,以致气体泄漏甚至超压爆炸较多发生。脱碳工序在安全上有以下特点:一是气体成分的高 H_2 ($\varphi(H_2) > 70\%$),具有高度易燃和化学爆炸的危险,主要在于含高氢的原料混入氧、气体大量泄漏或乱排放和检修时的不置换而违章动火;二是碳酸钾吸收液从较高压力释放为低压或常压进行再生,存在高低压力交替串通引发物理爆炸的危险。同时,动静设备和管道的设计不合理或制造缺陷、受气液填料等冲刷腐蚀所造成的壁厚减薄会引起物理性爆炸;另外,脱碳吸收塔的高压液位计冲洗时的操作不当、玻璃本身选型不符或质量差、安装不良、遇水或蒸汽而突然热胀冷缩等原也会导致液位计爆炸,而且会伴随着火或空间化学爆炸二次事故的发生。(未完待续)