

工业气体爆炸事故原因分析及应急救援

其乐木格, 韩 漠, 宝贵荣

(呼和浩特职业学院, 内蒙 呼和浩特 010051)

摘要: 根据工业气体的分类及其爆炸危险性, 归纳分析了工业气体爆炸事故发生的主要原因, 提出了预防事故的气体生产企业的消防安全要求、电器设备的防爆要求、气瓶安全管理要求, 并详细介绍了工业气体事故的应急救援程序如气体泄漏事故应急救援需要建立的警戒区域及人员紧急疏散的要求、泄漏源的控制、泄漏物的处理等应急处置措施和气体制气系统、气体充气系统、气体泄漏引发的火灾及气瓶发生爆燃时应急处置技术措施。

关键词: 工业气体; 爆炸事故; 原因分析; 应急救援; 技术措施

中图分类号: X928.7

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2010)10-0086-05

Cause analysis on explosion accidents of industrial gases and emergency rescue strategies

QILE Mu-ge, HAN Mo, BAO Gui-rong

(Hohhot Vocational College, Hohhot 010051, China)

Abstract: According to the classification and explosion hazard of industrial gases, the main causes for explosion accident are analyzed. Demands on fire safety of gas production companies, anti-explosion of electrical equipment and safety management of gas cylinders are proposed. Emergency rescue process for industrial gases accident is introduced in detail, such as warning area of gas leakage accidents, emergency evacuation of the staff, control of leaking sources, handling of leakage, and so on. Emergency technical measures are taken for the gas producing system, gas filling system, fire accidents caused by gas leakage and deflagration of gas cylinders.

Key words: industrial gases; explosion accident; cause analysis; emergency rescue; technical measures

随着我国经济的发展,我国工业气体生产水平、规模、品种不断提高,工业气体的应用领域不断扩张,几乎渗透到各行各业^[1]。据统计,2003—2005年中国气体工业产值年均增长65%。专家预测,在未来的10年中,中国工业气体市场的发展速度会差不多等同于GDP的发展速度,也就是每年将保持在8%~10%的增速,预计到2016年,工业气体市场估计可达1000亿元左右。但是工业气体具有极大的爆炸危险性,如受高温、日晒、静电和撞击时,气体极易膨胀,产生很大的压力,当压力超过容器的耐压强度,就会造成爆炸。特别是近几年来,工业气体引发的火灾、爆炸事故屡屡发生,造成的环境污染和对人民群众的危害也越来越严重^[2]。因此加强对工业气体火灾爆炸事故的研究,积极防范和及时、有效控制工业气体事故,增强事故应急救援能力,减少事故造成的人员伤亡和财产损失,降低对环境造成的污染具有重要意义。

1 工业气体分类及爆炸危险性

1.1 工业气体分类

通常工业气体以压缩或液化状态储存于钢瓶

内,称为瓶装工业气体。在国家标准《常用危险化学品的分类及标志》(GB 13690—1992)中,通常被划为第2类压缩气体和液化气体^[3]。按压缩气体和液化气体的危险性,可分为易燃气体、不燃气体和有毒气体等3项。易燃气体是指气体温度在20℃,标准大气压101.30 kPa时,爆炸下限小于或等于13%(按体积比),或燃烧范围大于或等于12%(爆炸浓度极限的上下限之差)的气体。如氢气、甲烷、乙炔等。不燃气体是指对人具有窒息性,性质稳定,不燃烧的气体,如氮气、二氧化碳和氩气等。有毒气体是指气体吸入后能引起人畜中毒,甚至死亡,有些还能燃烧。常见的有氯气、氨气、氰化氢等。

1.2 爆炸危险性

工业气体的爆炸危险来自3个方面:一是爆炸式燃烧,如易燃气体在其爆炸极限范围内,遇火源则发生爆炸式燃烧。二是物理爆炸。根据气体的可压缩性,气体压缩与液化都有一个临界压力和临界温度。若超过某一温度,再加压也不能液化,这一温度值称为临界温度,临界温度下所对应的压力称作临界压力。气体的临界温度越低,对热作用越敏感,蒸发越快,形成压力越大,造成爆炸的危险性就越大。

通常,盛装压缩气体和液化气体的钢瓶压力大于3.6 MPa,处于高压下的气体,当钢瓶受热或强烈撞击、振动作用时,气体剧烈膨胀,瓶内压力急剧增大,当压力大于钢瓶的强度极限时,就会发生钢瓶的物理爆炸,其破坏力也相当大。第三是化学爆炸,是由于物质发生极其激烈的化学反应,产生高温、高压并释放出大量的热量而引起的爆炸。工业气体的化学性质很活泼,容易发生氧化、分解和聚合反应而引起爆炸。特别是具有氧化性的有毒气体,这些气体发生氧化反应引起爆炸时,也产生毒害性,其危害更严重。

2 工业气体爆炸事故原因分析

2.1 反应失控引起爆炸

多数工业气体高压下,发生氧化、卤化、聚合等放热反应。这些反应在容器内发生时,反应条件控制不当或搅拌机发生故障、停电、停水而造成反应热蓄积,反应体系的温度迅速增加,使反应容器内压力剧增而发生爆炸。例如1989年8月29日,辽宁省本溪市某化工厂生产聚氯乙烯树脂过程中发生爆炸事故,造成死亡12人,重伤2人,轻伤3人,直接经济损失22.048万元。事故的主要原因是当聚合釜中反应进行8 h,还处于聚合反应的中后期(该厂聚

(上接第85页)

送入为苯乙烯装置设置的环保设施密闭排放罐中(该排放罐放置于地槽内),冷凝液再返回到脱氢液储罐回收。

4.2 技术改进前后比较

在20世纪90年代初引进的苯乙烯装置中,仅对乙苯储罐的放空气进行了冷却冷凝,大多数储罐的放空气直接排入大气,罐区气味较大。为了最大限度地减少排放气中有机物对大气的污染,改善生产环境,针对原油流程存在的不足,将罐区各储罐的放空系统进行了改进。将直接排放至大气的不合格乙苯、脱氢液、甲苯、苯与乙苯储罐的放空管线汇合后一起送入冷却器,并调整各罐的排放压力,使其各罐排放管线压力匹配。另外原有放空系统的冷凝液返回到本储罐,为了使其凝液能够克服储罐的静压差返回到罐中,必须将冷却器布置在该储罐顶部以上,故需设置较高的框架以满足冷却器的安装要求,而改进后的放空系统冷却器的凝液排入装置地下的密闭排放罐内,由于该罐布置于地下,故冷却器布置于地面上即可满足工艺要求,因此改进后的放空冷

合反应一般为11 h左右),反应还处于较激烈的阶段时,此岗位操作工关闭冷却水阀门,导致大量反应热不能及时导出,聚合釜内超温、超压,过高压力将聚合釜人孔垫冲开,大量氯乙烯喷出来并产生静电火花,导致氯乙烯车间爆炸。

2.2 气体泄漏引起爆炸

易燃气体泄漏后,与空气混合达到一定浓度时,在点火源的作用下会发生爆炸。根据爆炸理论,易燃气体在空气中爆炸必须具备以下条件:一是易燃气体与空气形成的混合物浓度达到爆炸极限,形成爆炸性混合气。二是有能够点燃爆炸性混合气的点火源。例如2001年2月27日,江苏省盐城市某化肥厂合成车间管道突然破裂,引起氢气外泄爆炸事故,造成5人死亡,26人受伤。在这起事故中,管道破裂泄漏的氢气与空气形成爆炸性混合气体,氢气从管道大量泄漏喷出时,高速气体冲击和管道破裂部位急剧摩擦,产生的静电火花引起氢气和空气的混合物气体爆炸燃烧。

2.3 生产设备检修引起火灾爆炸

工业气体生产装置和设备复杂,设备和管道中残存易燃易爆、有毒有害、有腐蚀性的物质,检修作业频繁又离不开动火,稍有操作不慎或违反操作规程极易引起火灾爆炸事故。设备检修事故原因很多

却器的安装较改进前省去了安装框架,可节省土建投资。

4.3 技术改进后效果

(1)对各储罐的放空气进行冷却,有效降低排放气中的有机物含量,减少空气污染,收到良好的环保效益。

(2)各储罐排放气中的有机物得到充分回收和利用,从而减少了物料损耗。

(3)通过改变冷却器冷凝液的排放去向,将放空冷却器的安装高度由原来的14 m平台上移至地面,从而降低了冷却器的安装费用,节省了土建安装投资26万元。

5 技术应用及效果

苯乙烯工艺技术改进完成后先后应用于中石化齐鲁分公司、江苏利士德化工有限公司、大庆中蓝石化有限公司、辽宁华锦化工集团、天津大沽化工股份有限公司、中国化工山东华星化工公司和茂名石化公司的苯乙烯装置,项目投产后取得了良好的经济效益、环保效益和社会效益。■

是停车或试车操作失误、未按规定隔离及加设盲板、吹扫置换不彻底、清洗不净或不当、违反检修作业规程、未按规定进行动火分析等。例如2000年9月1日,广西南宁某化工股份有限公司发生一起火灾爆炸事故,造成的直接经济损失126.3万元。此事故原因是该公司对酒精罐消防用的氮气管道进行检修更换时,焊接氮气管道与酒精罐未进行隔绝,引起酒精蒸气窜进氮气管,酒精混合气体在管内被引燃,回火引起酒精罐爆炸。

2.4 气瓶爆炸

近年来,我国气瓶爆炸致人伤亡、财产遭损的事故较多^[4]。探究其主要原因有以下几个方面:

首先,气瓶充装单位未按规定对充装前气瓶内残留气体进行检测,导致气瓶内残留物质与充装的气体发生化学反应引起爆炸。例如河北保定市2004年7月17—18日接连发生4起气瓶爆炸事故,其中1起重大事故,共造成5人死亡,12人受伤,直接经济损失100万元。事故的直接原因是这4起事故气瓶均属同一氧气站充装,氧气充装站未按规定对充装前气瓶内残留气体进行检测,致使充装气瓶中残留有可燃气体,在使用过程中遇激发能引起化学性爆炸。

其次,充装乙炔气瓶中丙酮数量严重不足,引起爆炸。所谓溶解乙炔,是以丙酮做溶剂,在一定的压力下,将乙炔气充装并溶解于丙酮中。使用时靠减压,将溶解于丙酮中的乙炔释放出来。如果溶剂丙酮不足时,不仅溶解的乙炔气数量很少,而且气瓶压力因溶剂少而增高,使运输和使用过程容易发生爆炸。例如1999年3月24日,哈尔滨汽轮机厂十四车间数控工段准备用来进行焊接作业的溶解乙炔气瓶发生爆炸,造成死亡4人,13人重伤,17人轻伤,直接经济损失1500万元。由于该起事故特大,黑龙江省政府请求国务院派人调查处理,后由国家质量技术监督局牵头组织调查组,调查结论是:乙炔瓶不补加丙酮或少补加丙酮,最严重的一只瓶缺丙酮11.8 kg。在丙酮不足的情况下,超量充装乙炔,最严重的超4.8 kg。

第三,气瓶超量充装引起爆炸。例如2006年11月1日,天津市某氧气充装车间发生气瓶爆炸事故,造成氧气充装车间屋顶塌落,氧气充装回流排倒塌,2人死亡,2人受伤。事故发生时该气瓶已充装 150 kg/cm^2 (15 MPa) 压力,大大超过其额定的 30 kg/cm^2 (3 MPa) 压力,导致该气瓶发生爆炸,是造成这次事故的直接原因。

第四,混用气瓶引起爆炸。例如1998年10月8日哈尔滨某化工厂发生氧气瓶爆炸事故,造成死亡1人,受伤1人。这起事故的主要原因是气瓶充装前检查员在检瓶过程中,由于被检查气瓶油漆脱落严重,且污物多,未认真辨认,错将氢气瓶当成氧气瓶,送充装岗充装,充装人员也未及时发现,是导致装卸工在装运氢气瓶(错充氧气)前试压转动角阀时产生静电,引发瓶内的氢氧混合气体爆炸。

3 工业气体事故应急救援

3.1 预防工业气体爆炸事故对策

3.1.1 气体生产企业的防火安全要求

气体生产企业新建、改建、扩建工程项目的安全设施,必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。新建、改建、扩建工程项目的安全设施,必须经安全生产监督管理部门审查合格后,方可投入使用。同时,应根据气体生产场所、气瓶充装站和气瓶仓库面积及火灾危险性,按照《建筑灭火器配置设计规范》(GBJ 140—1997) 配备相应的消防设施、灭火器材,应严格执行以下规定:

(1) 气体生产企业从业人员必须穿戴防静电服装,严格执行企业的各项安全生产规章制度和相关操作规程。

(2) 气体生产场所、气瓶充装站和气瓶仓库醒目的位置“严禁明火”等安全警示标志。

(3) 存储气体产品仓库应有避雷设施,并每年至少检测1次,使之安全可靠。

(4) 消防器材应放置在明显、取用方便的地点,不准随意变更地点和数量,并按规定定期更换,确保完好有效。

(5) 消防设施、器材应有专人管理,负责检查、保养、更新、添置,确保完好有效。

(6) 企业内需要动用明火时,要书面报告企业安全部门,经批准同意后方可动火,并在动火过程中,应停止气体生产、气体充装作业,并采取可靠安全保障措施。

(7) 企业设备检修前必须将系统中的气体排空,并用无油干燥空气或氮氧进行置换,使系统中的氧含量符合规定要求。排空的氧气应导放至安全区。

3.1.2 电器设备的防爆安全要求

(1) 根据气体生产企业爆炸危险区域的分区、电气设备的种类和防爆结构的要求,应选择相应的电气设备。

(2)选用的防爆电气设备的级别和组别,不应低于该爆炸性气体环境内爆炸性气体混合物的级别和组别;当存在有2种以上易燃性物质形成的爆炸性气体混合物时,应按危险程度较高的级别和组别选用防爆电气设备。

(3)爆炸危险区域内的电气设备,应符合周围环境内化学的、机械的、热的以及风沙等不同环境条件对电气设备的要求;电气设备结构应满足电气设备在规定的运行条件下不降低防爆性能的要求。

(4)在爆炸危险环境内,电气设备的金属外壳应可靠接地。

3.1.3 气瓶的安全管理要求

企业使用的气瓶应是具有制造许可证的企业制造的气瓶,经定期检验合格,并符合以下要求:

(1)充装气体的气瓶外表面的颜色、字样和色环,必须符合《气瓶颜色标志》(GB 7144—1999)的规定,在瓶体上以明显字样注明产权单位和充装单位。

(2)气瓶安全附件应符合《气瓶安全监察规程》^[4](质技监局锅发[2000]250号)的要求。

(3)气瓶附件包括气瓶专用爆破片、安全阀、易熔合金塞、瓶阀、瓶帽、液位计、防震圈、紧急切断和充装限位装置等。

(4)装卸气瓶时,必须配戴好气瓶瓶帽(有防护罩的气瓶除外)和防震圈(集装气瓶除外),并气瓶装卸作业应轻搬轻放、防止摩擦和撞击。

(5)库存瓶装气体应根据其化学性质将分库储存,应避免阳光直射、远离火源、热源、电源。

(6)企业应严格执行储存气瓶安全管理制度,做到一日两检,出入库前应按合同检查、验收、登记。

3.2 工业气体事故应急救援

3.2.1 工业气体事故应急救援程序

工业气体事故应急救援包括报警与接警、应急救援队伍的出动、应急救援的实施(紧急疏散、现场急救)、泄漏救援和火灾控制等。

(1)发生较大或较严重的工业气体事故时,现场人员应立即向事故发生单位的应急救援中心报告。报告内容:事故发生的时间和地点、事故类型(泄漏、火灾和爆炸)、发生事故的装置部位,物料性质、事态程度、扑救要求及报警人姓名、联系电话等。

(2)发生事故的单位应急救援指挥中心接到事故报告后,立即向所在行政区域内的安全生产监督管理部门报告,同时根据事故的性质调集企业应急救援人员或专业应急救援队伍、应急救援物资及专

家赶赴事故现场。

(3)企业事故应急救援指挥人员到达现场后,立即了解事故现场情况及事故的性质,确定警戒区域和事故控制具体实施方案,布置应急救援人员的任务。

(4)专家到达现场后,迅速对事故情况做出判断,提出处置实施方法和防范措施。

(5)应急救援人员到达现场后,服从现场指挥人员的指挥,采取必要的个体防护,按各自的分工开展处置和救援工作。

(6)事故得到控制后,进行现场洗消工作。

3.2.2 工业气体事故应急救援技术

(1)工业气体泄漏事故的处置措施

①建立警戒区域及人员紧急疏散

(a)易燃气体泄漏时,在事故中心区域内,严禁火种,切断电源,消除事故中心区内一切能引起爆炸燃烧的火源条件。根据易燃气体泄漏区域和扩散可能波及范围,确定警戒范围及事故波及区域人员的紧急疏散。进入警戒区人员严禁携带、使用移动电话和非防爆通信、照明设备,严禁穿戴化纤类服装和带金属物件的鞋,严禁携带、使用非防爆工具。

(b)不燃气体泄漏时,应急救援人员戴正压自给式呼吸器,并立即在事故中心区域边界设置警戒线。根据不燃气体的窒息性、扩散性及事故的情况,确定事故波及人员的撤离。

(c)有毒气体泄漏时,应急救援人员戴正压自给式呼吸器,穿完全隔离的化学防护服,并立即在事故中心区域设置警戒。根据有毒气体的毒害性、扩散性及事故情况,确定事故波及人员的撤离。

②泄漏源的控制

气体在生产过程中发生泄漏时,在确保安全的情况下,可通过关闭阀门、停止作业、通过改变工艺流程、物料走副线、局部停车、打循环、减负荷运行等方法。盛装工业气体容器发生泄漏时,用喷雾状水或消防水冷却容器,排风或强力通风,采用合适的材料和技术手段堵住泄漏处。

③泄漏物的处理

(a)稀释与覆盖。对于泄漏的易燃气体,在事故现场施放大量水蒸气或氮气,破坏燃烧条件。对于泄漏的不燃气体,通风对流,喷射雾状水、开花水流稀释扩散。对于泄漏的有毒气体喷射雾状水,加速气体高空扩散。如有毒气体与碱发生中和反应时,用碱液喷淋方法。对于液体(液化的气体)泄漏时,为降低物料向大气中的蒸发速度,在其表面形成覆盖层,抑制其蒸发。

(b) 围堤堵截。筑堤堵截泄漏的液体或者引流到安全地点, 抽入容器内或槽车内。当泄漏量较小时, 可用沙子、吸附材料、中和材料等吸收中和。

(c) 应急废水的处置。泄漏事故应急处置过程中产生的废水, 收集、中和、稀释后, 经环境保护部门检测合格后排入废水处理系统。

(2) 工业气体火灾事故的处置措施

① 气体制气系统发生着火时的应急处置措施

(a) 紧急停止所有运行设备, 岗位人员将送气阀门关闭, 切断所有电源, 并通知企业应急救援中心。

(b) 企业应急救援中心通知各生产岗位, 采取隔离、充氮等措施, 防止事故扩大。

(c) 应急救援人员到达现场后, 在应急救援总指挥的领导下, 用消防器材对着火部位实施灭火, 并启动消防栓对高压气体充装设备实施冷却。

(d) 灭火后, 企业应急救援人员清理现场遗留火种, 防止再次着火。

② 气体充气系统发生着火时的应急处置措施

(a) 切断充气间气源, 打开放散阀卸压, 开启充氮阀门, 向充气系统充氮气。

(b) 启动紧急喷淋装置和消防水泵, 应急救援人员用干粉灭火器灭火。若现场有其他气瓶或易燃易爆物品无法转移时, 用消防水强制冷却。

③ 气体泄漏引起火灾事故的应急处置措施

(a) 首先应扑灭外围被火源引燃的可燃物火势, 切断火势蔓延途径, 控制燃烧范围。

(b) 如没有采取堵漏措施的情况下, 必须保持气体稳定燃烧。否则, 大量可燃气体泄漏出来与空气混合, 遇着火源就会发生爆炸, 后果将不堪设想。

(c) 如果火势中有压力容器或有受到火焰辐射热威胁的压力容器时, 能疏散的应尽量在水枪的掩护下疏散到安全地带, 不能疏散的应部署足够的水

枪进行冷却保护。为防止容器爆裂伤人, 进行冷却的人员应尽量采用低姿射水或利用现场坚实的掩蔽体防护。对卧式贮罐, 冷却人员应选择贮罐四侧角作为射水阵地。

(d) 如果是输气管道泄漏着火, 应设法找到气源阀门。阀门完好时, 只要关闭气体的进出阀门, 火势就会自动熄灭。

(e) 如果气体贮罐阀门处泄漏着火时, 在特殊情况下, 如判断阀门仍有效, 可先扑灭火势, 再关闭阀门。如关闭阀门无效, 一时又无法堵漏时, 应迅即点燃, 恢复稳定燃烧。

(f) 现场指挥应密切注意各种危险征兆, 遇有火势熄灭后较长时间未能恢复稳定燃烧或受热辐射的容器安全阀火焰变亮耀眼、尖叫、晃动等爆裂征兆时, 指挥员必须适时做出准确判断, 及时下达撤退命令。现场人员看到或听到事先规定的撤退信号后, 应迅速撤退至安全地带。

④ 气瓶发生爆燃时的应急处置措施

(a) 先关闭气瓶阀门, 再用干粉灭火器或二氧化碳灭火器灭火, 并迅速转移事故现场的气瓶。

(b) 无法关闭气瓶阀门时, 迅速用干粉灭火器或二氧化碳灭火器灭火, 并使用消防水冷却气瓶。

(c) 待火焰扑灭后, 手可以接触瓶体时, 将气瓶运到室外。

参考文献

- [1] 王诗庆. 浅析我国化工园区的工业气体一体化发展[J]. 中国石油和化工, 2005(5): 91-92.
- [2] 陶玉红. 危险化学品事故分析与安全监管对策建议[J]. 安全, 2010(4): 21-23.
- [3] 国家安全生产监督管理局编. 危险化学品经营单位安全管理培训教材[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 16-32.
- [4] 孙明. 瓶装压缩气体的分类、危害及安全对策[J]. 低温与特气, 2008, 26(3): 40-42. ■

阿克苏诺贝尔在全球可持续发展评比中荣登榜首

在最新公布的道琼斯可持续发展指数(DJSI)排名中, 阿克苏诺贝尔在所属化工行业总分最高, 从去年第二名跃升至榜首。该公司在2007年排名第一, 2008年排名第二。

阿克苏诺贝尔公司首席执行官魏思瀚(Hans Wijers)表示: “本公司在今年夺冠, 以及过往几年内我们的一贯优异表现, 印证了我们将可持续发展融入全球运营中所取得的巨大成功”。魏思瀚也高度评价了公司全球员工为此所作出的贡献。

他表示: “我们充分认识到, 阿克苏诺贝尔在推动可持续发展方面的努力及成效, 将与客户以及我们自身业务今后的成功密不可分, 因此我们绝不会降低标准, 只会在所有

方面力争精益求精, 以保持我们的领先地位”。

6年以来, 阿克苏诺贝尔在道琼斯可持续发展指数评比中一直名列前茅。该公司一直坚持不懈地加强其在可持续发展方面的努力。为此, 阿克苏诺贝尔决定将高层管理人员的50%长期奖励机制与该公司在这一极具影响力的评比表现挂钩。

道琼斯可持续发展世界指数是备受国际重视的可持续发展指数之一, 它根据环境保护、社会责任及经济方面的表现, 加上各项前瞻性的指标, 对知名企业的可持续发展表现作出评比。(张晨杰)