

天然气制氢工艺过程中常见的事故及处理措施研究

杨红战 杨成恩

中海油东方石化有限责任公司 海南 东方 572699

摘要: 本文聚焦天然气制氢工艺,先阐述其主要流程,涵盖原料预处理、重整反应等多个环节。接着剖析常见事故类型,包括气体泄漏、爆炸、火灾和中毒,分析其成因与危害。针对各类事故,从预防、监测、紧急处理三方面提出措施。预防上强调设备维护、操作规范;监测依靠安装专业设备实时监控;紧急处理则包含切断气源、疏散人员、及时救援等。旨在为天然气制氢工艺的安全运行提供全面指导,降低事故发生率,保障人员生命安全与生产稳定。

关键词: 天然气制氢; 工艺事故; 处理策略

引言

天然气制氢作为重要的制氢方式,在能源领域应用广泛,但是该工艺过程涉及高温、高压及易燃易爆物质,存在诸多潜在风险,易引发各类事故。这些事故不仅会造成设备损坏、生产中断,还可能危及人员生命安全,对周边环境产生不良影响。深入研究天然气制氢工艺过程中的常见事故及处理措施,对于保障生产安全、提高生产效率、降低经济损失具有重要意义,有助于推动天然气制氢行业的健康可持续发展。

1 天然气制氢的主要工艺流程

(1) 原料预处理阶段,以天然气作为核心原料,先对其加压,之后输送至脱硫反应器,采用加氢脱硫等工艺,将天然气中的硫化物脱除到极低水平,避免后续催化剂中毒。与此同时,对水蒸气进行净化处理,去除其中杂质,保证原料纯净度。(2) 重整反应环节,经预处理后的天然气与水蒸气按特定比例混合,先进入转化炉的预热盘管进行预热,随后进入转化炉的转化管。在镍系催化剂等的作用下,二者发生重整反应,生成含有氢气、一氧化碳、二氧化碳等成分的转化气,此反应温度通常维持在800℃以上,确保反应充分进行。(3) 热量回收与变换反应步骤,从转化炉出来的转化气温度较高,先进入蒸汽发生器,通过副产蒸汽的方式回收热量,实现能源的合理利用。温度降低后的转化气接着进入中变器,在催化剂的催化作用下,一氧化碳与水蒸气发生反应,生成氢气和二氧化碳,以此进一步提高氢气的产量。(4) 气体冷却与分离过程,经过变换反应的气体,依次通过蒸汽过热器、锅炉给水预热器、脱盐水预热器等设备,进一步回收热量并实现冷却。之后,气体进入变换气水冷器,被冷却至较低温度,再经变换气分离器分离出冷凝液,去除气体中的水分和部分杂质。(5) 氢气提纯阶段,冷却分离后的气体进入变压吸附装

置,该装置利用不同气体在吸附剂上吸附特性的差异,对气体进行分离提纯。经过处理,氢气被提纯至较高纯度,成为产品氢,而解析气则可根据实际需求,进行进一步处理或回收利用,以提高资源的利用率,降低生产成本。

2 天然气制氢工艺过程中常见的事故类型

2.1 气体泄漏

在天然气制氢工艺过程中,气体泄漏作为常见事故类型,多发生于输送管道、阀门及连接件等设备部位。天然气含甲烷等可燃气体,泄漏后会在空气中迅速扩散,若其浓度达到爆炸极限,遇明火、静电火花等火源便会引发爆炸。爆炸产生的强大冲击力与高温,不仅会使周边设备设施损坏、变形甚至报废,影响整个工艺流程的正常运转,还可能引发二次火灾,进一步扩大事故危害范围。此外,天然气中可能含有的硫化氢等有毒气体,会随泄漏的天然气扩散至周围环境。现场人员吸入后,根据浓度和时长不同,会出现不同程度中毒症状,轻者头晕、恶心、呕吐,影响工作生活,重者昏迷甚至危及生命,而且有毒气体残留还会对周边环境造成长期不良影响,破坏生态平衡。所以,在天然气制氢工艺中,必须高度重视气体泄漏问题,通过加强设备维护管理,安装有效的气体检测和报警装置,及时发现并处理气体泄漏事故,以此保障人员生命安全与生产过程的稳定进行。

2.2 气体爆炸

气体爆炸是天然气制氢工艺中极为严重的事故类型,天然气与空气混合会生成具爆炸性的混合气体,一旦该混合气体浓度处于爆炸极限范围,且环境中存在明火、电火花、静电火花等点火源,便会瞬间剧烈爆炸。爆炸产生的强大冲击波会以极快速度向四周扩散,冲击并破坏沿途的建筑物和设备设施,同时伴随的高温火焰

能迅速引燃周围可燃物质,使事故范围进一步扩大^[1]。此类爆炸事故的引发因素多样,气体泄漏积累是常见因素,在制氢工艺中,输送管道、阀门、连接件等设备若出现破损、老化或密封不严的情况,天然气就会泄漏并在局部积聚,当浓度达到一定程度且满足其他条件时,就可能引发爆炸;设备故障也不容小觑,转化炉、换热器等关键设备出现异常,会影响工艺正常运行,导致气体状态异常,增加爆炸风险;操作不当同样危险,工作人员若未严格依照操作规程作业,如错误控制天然气与空气的混合比例,或者未及时处理异常工况等,都会使系统处于危险状态,最终引发爆炸。

2.3 火灾

火灾是天然气制氢工艺中常见事故类型,引发因素有气体泄漏、静电火花及火源等。制氢时,输送管道、阀门、连接件等设备若出现破损、老化、密封不严状况,天然气会泄漏并与空气充分混合形成可燃混合气体,遇明火、高温表面、电气火花或静电火花等火源就会立即燃烧引发火灾。火灾发生后若火势未及时有效控制,会迅速蔓延,烧毁周边设备设施,导致生产中断与巨大经济损失。火灾产生的高温会降低设备和管道结构强度,可能引发设备破裂、管道爆裂等二次破坏,使事故后果更严重。而且天然气制氢工艺涉及多种易燃易爆物质,火灾高温可能使这些物质达到爆炸极限,遇合适点火源就会爆炸,不仅会进一步破坏周边设备设施,还会扩大事故范围、增加危害程度,威胁现场人员生命安全,对制氢厂及周边区域环境和安全造成严重影响。所以,在天然气制氢工艺中,必须高度重视火灾预防和控制,通过加强设备维护管理,严格规范操作流程,配备完善消防设施和应急预案等措施,降低火灾发生的风险及危害。

2.4 中毒

天然气中常含一定量有毒物质,硫化氢是典型代表,在天然气制氢作业时,输送管道、阀门、法兰等设备若出现密封不严、破损等故障,或因长期使用而老化、性能降低,就易引发天然气泄漏。如果作业场所通风系统设计有缺陷、运行异常,无法及时有效排出泄漏的有毒气体,这些气体便会在作业环境中逐渐积聚,当作业场所内有毒气体浓度超出安全限值,现场作业人员吸入后,有毒物质会随呼吸进入体内,会对呼吸系统产生刺激与损害,引发咳嗽、气喘、呼吸困难等症状,还会影响神经系统,导致头晕、乏力、意识模糊等状况,中毒症状的轻重和吸入有毒气体的浓度、暴露时间以及个人体质紧密相关。轻度中毒时,人员可能仅出现短暂

不适,经及时救治与休息大多能恢复,但是若中毒严重,有毒物质会对心脏、肝脏、肾脏等多个重要器官造成不可逆损伤。心脏功能可能受到影响,出现心律失常等问题;肝脏的解毒能力会下降,引发肝功能异常;肾脏的排泄功能也会受损,导致体内代谢废物堆积,这些器官的损伤会进一步危及生命,给作业人员的身体健康带来极大威胁。

3 天然气制氢工艺过程中常见事故的处理措施

3.1 气体泄漏事故处理措施

一是预防方面,要正确挑选并安装密封材料,保证设备连接部位密封良好,防止气体外泄;定期对设备与阀门开展检查和维护工作,及时发现并消除潜在泄漏隐患;严格把控操作压力和温度,避免设备超压、过热运行;按规定使用特定连接件,确保连接稳固可靠。二是在监测上,要安装气体泄漏检测设备,像可燃气体报警器和有毒气体报警器,对作业场所气体浓度进行实时监测^[2]。一旦检测到泄漏气体浓度超出安全限值,报警器应立即发出报警信号,以便通知相关人员及时采取行动。三是紧急处理时,发现气体泄漏后,要第一时间关闭泄漏装置的阀门,从源头上切断气源;迅速组织现场人员疏散,保障人员生命安全;救援人员进入泄漏区域前,必须佩戴合适的个人防护装备,防止自身受到气体伤害;并且对泄漏区域进行通风换气,通过引入新鲜空气,降低区域内气体浓度,减少爆炸和中毒风险,在处理过程中,要设置警戒区域,禁止无关人员进入,避免引发二次事故。处理完毕后,要对泄漏原因进行深入调查和分析,总结经验教训,完善预防措施,防止类似事故再次发生。

3.2 气体爆炸事故处理措施

第一,严格控制气体泄漏与积累,通过强化设备密封性与完整性的定期检查,及时发现并修复泄漏点;同时,实施设备的定期检测与维护计划,确保设备始终处于安全运行状态。在气体供应区域,应配置包括灭火器、消防栓及防爆墙在内的火灾与爆炸防护设备,提升区域整体防护水平。此外,严格遵守火灾防护规范与操作规程,坚决禁止在易燃易爆区域进行吸烟或使用明火等危险行为,从源头上消除潜在火灾隐患。第二,安装先进的气体检测设备,对作业场所的气体浓度及爆炸危险性进行24小时不间断实时监测,确保数据的准确性与可靠性;对设备运行的关键参数进行持续跟踪,一旦发现异常立即启动分析程序并采取相应措施,防止事故萌芽。第三,一旦发生爆炸事故,需立即启动紧急救援机制,迅速组织专业救援力量赶赴现场,首要任务是迅速

隔离爆炸源, 阻断事故进一步扩大的路径; 有序疏散周围人员至安全地带, 全力保障人员生命安全; 紧接着, 利用现场灭火设备对火势进行快速扑灭, 有效控制火势蔓延; 在救援过程中, 对受伤人员实施及时有效的救治, 根据伤情采取针对性急救措施, 迅速联系相关医疗机构提供进一步的专业急救服务, 确保受伤人员得到全面妥善的治疗。

3.3 火灾事故处理措施

(1) 预防上, 严格遵循防火规程, 严禁在作业场所吸烟及使用易燃易爆物品; 确保设备与管道完整无损, 定期开展检查维护工作, 防止气体泄漏引发火灾; 全面清除潜在火源, 针对静电火花、电气火花等采取防静电及电气安全措施; 在作业场所显著位置设置防火标志, 并配备齐全消防设施, 同时定期组织消防演练, 提升人员应急处置能力。(2) 监测方面, 安装火灾监测设备, 如火灾报警器、烟雾探测器等, 对作业场所火灾危险性进行实时监测, 确保一旦发现火灾迹象, 能立即发出报警信号, 及时通知相关人员采取应对措施。(3) 紧急处理时, 火灾事故发生后, 迅速关闭相关设备与阀门, 切断气源和电源, 阻止火势进一步蔓延; 组织人员使用合适灭火器材进行灭火扑救; 有序疏散现场人员至安全区域, 保障人员的生命安全; 同时, 立即通知消防部门等相关救援机构, 请求专业救援支持, 确保火灾事故得到及时有效控制与处理, 降低损失与危害。

3.4 中毒事故处理措施

一是要确保设备与管道完整无缺, 通过定期检查和维护, 杜绝气体泄漏隐患, 从源头降低中毒风险。在作业场所, 必须安装通风设备并保证其正常运行, 持续提供良好通风条件, 有效稀释和降低有毒气体浓度, 并且为作业人员配备齐全且合适的防护设施与工具, 像防毒面具、防护服等, 确保人员在作业过程中得到有效防护。定期组织作业人员进行职业健康检查, 建立健康档

案, 以便及时发现并处理潜在的职业病隐患, 保障人员身体健康。二是在作业场所关键位置安装有毒气体监测设备, 对有毒气体浓度进行实时、精准监测。设定科学合理的安全限值, 一旦监测到有毒气体浓度超过该限值, 设备立即发出清晰明确的报警信号, 迅速通知现场负责人及相关人员, 使其能第一时间采取应对措施, 防止事故恶化^[3]。三是在疏散和救援环节, 一旦发生气体中毒事故, 现场人员要迅速启动应急响应机制, 立即疏散作业区域内所有人员, 将中毒人员快速转移至通风良好、空气清新的安全区域。对中毒人员开展紧急救援, 依据中毒症状和严重程度, 及时进行人工呼吸、心肺复苏等急救措施, 同时第一时间通知相关医疗机构, 详细告知中毒情况, 以便医疗机构做好急救准备, 随后将中毒人员尽快送往医院进行全面、深入的治疗, 减少事故造成的人员伤亡和健康损害。

结语

综上所述, 天然气制氢工艺过程复杂, 潜在事故类型多样且危害严重。通过对其常见事故类型及处理措施的研究可知, 有效地预防、监测和紧急处理措施是保障工艺安全运行的关键。企业应强化安全管理意识, 完善安全管理制度, 严格落实各项安全措施。同时, 不断提升事故监测和应急处理能力, 加强人员培训, 提高员工安全素质。只有这样, 才能最大程度降低事故发生概率, 减少事故损失, 实现天然气制氢工艺的安全、稳定、高效生产。

参考文献

- [1]张巧芝.天然气制氢工艺技术进展及相关问题探讨[J].石油石化物资采购,2024(19):124-126.
- [2]刘旭,赵雨桐,周毅昕.天然气转化制氢工艺技术研究[J].中国仪器仪表,2024(5):90-92+96.
- [3]何银平.天然气制氢技术现状与发展趋势研究[J].石油石化物资采购,2024(17):115-117.