

# 水煤浆气化制氢配套变换流程研究

朱爱国 丁 勇 周有俊

南京诚志清洁能源有限公司 江苏南京 210000

**摘要:**近一些年来,原油逐渐向着劣质化转变,成品油质量升级的速度加快,石油化工厂对于氢气的需求量越来越高。氢气属于绿色清洁能源,它的燃烧热值非常高,大约是汽油的2.7倍,煤炭的3.5倍。同时,氢气也属于非常重要的工业原料和工业还原剂中的一种,能够在促进社会经济发展的方面广泛地推广和应用,可以确保化工、医药、冶金、电子等行业的稳定持续发展。水煤浆气化是制造氢气的重要工艺流程,由于不需要过高的成本投入逐渐成为现代化工流程中炙手可热的制氢工艺。本文主要叙述了水煤浆气化制氢及相应的变换工艺,并针对工艺流程、工艺催化剂的要求以及设备成本等多个方面进行讨论和分析,为制氢工艺路线的良好发展提供参考。

**关键词:**水煤浆气化;制氢配套;变换流程

水煤浆气化工艺流程分为:首先,煤加水经过磨煤机研磨形成煤浆,然后通过泵送入气化炉内,和氧气充分结合后,发生部分氧化反应,生成主要产物为氢气和一氧化碳。然后再经过变换和深冷分离,得到纯氢气。现阶段,国内外都在针对水煤浆气化制氢技术在交通领域的应用进行深入地研究,一些国家将以氢燃料汽车作为主要的发展方向。煤气化技术作为重要的制氢工艺,在应用的过程中可以采用多种的变换流程。

## 一、水煤浆气化制造氢气的工艺流程简述

### 1.水煤浆气化的原理

煤气化的原理是:在高温1200℃、高压4MPa以上的条件下,水煤浆和纯氧气通过发生部分氧化反应,生成以一氧化碳和氢气为主要成分的合成气。与煤的直接燃烧工艺流程不同,水煤浆的气化技术是将煤炭中的化学能量转移到合成气中,生产的产物一氧化碳和氢气代表着新的能量,这种气化工艺并不是直接获取煤的能量。

### 2.水煤浆气化技术的发展状态

石油化工厂加工原油,必须要通过纯氢气与石油发生裂解重组反应,才能产出日常生活所需要的柴油、汽油等产品。这样的石油裂解过程中需要大量的氢气,单纯靠国家的天然气来提出氢气肯定不能满足需求,所以通过煤资源来造氢气的工艺已经迫在眉睫。从原始的煤燃烧制造一氧化碳再经过变换制氢气的工艺开始,由于此种工艺过程稳定性差,连续性不强,机械化程度不高等缺点,逐渐走向水煤浆气化技术的工艺路线。水煤浆具有性质稳定、易于输送、气化率高、生产过程的连续性强等特点,而且随着水煤浆气化工艺技术的不断成熟,世界上多数国家都是通多水煤浆气化工艺来造

氢气。

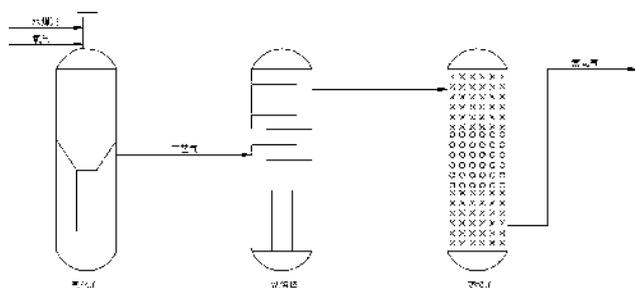
### 3.关于催化剂的各项要求

催化剂能够加快化学反应的速度,催化剂本身并不参与化学反应,不管是单一的变换的流程还是多段的复合流程都需要催化剂进行加速反应作用。而水煤浆气体制氢的配套流程对于催化剂的要求分为以下几个方面:首先,催化剂一定要保证活性良好,随着催化剂的长时间使用,活性会逐渐降低,工艺过程中催化剂活性降低后要及时更换。还有就催化剂的机械化的强度要高,具有很长的使用寿命且成本投入较低,不会产生过多的副产物。变换的主要反应为 $\text{CO}+\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons\text{CO}_2+\text{H}_2$ ,目前国内外主要使用的催化剂是钴钼催化剂,主要成分是的COS和 $\text{MOS}_2$ 。

### 4.设备投资

石油化工厂要求氢气具有良好的纯度,配套制氢工作需要的制氢装置首先需要能够保证稳定运行,确保原料基本性质和数量的正常供应,选择的工艺技术要保证连续性和稳定性。制造氢气的原料选用主要是看原料资源的特点、原料获得的难易程度、原料发展的理论性以及过程中成本的合理性,制造氢气的原料可以利用自然资源中存在的天然气以及煤等等。近些年来,我国对于化工工业建设的水平提出了更高的要求,重油与石脑油逐渐向着资源化的方向转型和发展,传统的重油制氢装置由于缺少原料价值,因此无法取得良好的经济效益,因此逐渐被替代停产。在日常生产过程中,利用天然气为原料的制氢装置需要协调好关于全厂燃料平衡的问题,以独立原料作为来源为基础的煤制氢技术为制氢明确了全新的方向和路线,煤制氢的产量高,成本低,具有经济适用性,能够获取良好的经济效益。

## 5. 工艺流程



如上图所示,水煤浆和氧气送入气化炉后,在气化炉里发生部分氧化反应生成一氧化碳和氢气的工艺气。工艺气中一氧化碳和氢气比值大约1:1,再经过洗涤塔清洗后送入变换炉。工艺气在变换炉内经过变换反应后生成富氢气,富氢气中氢气的含量高达98%。富氢气再经过深冷分离后可以得到纯氢气。

## 二、水煤浆气化技术的发展趋势

### 1. 促进技术自主化和多元化的进展

为了能够让水煤浆气化技术更好地适应不同的煤种、符合旧装置改造和新装置生产的要求,最大程度上节约能源,降低损耗,我国在引进先进技术的过程中还要提高自主研发的力度,研制更多的炉型。我国水煤浆气化技术的发展趋势具有自主化和多元化的特点,比如德士古气化炉、壳牌炉、华东理工四喷嘴炉,每种技术在应用的过程中都能够彰显出不同的优势,每种技术也都存在着一定的缺陷和不足,这样的状况为水煤气化技术未来的发展提供了动力。

### 2. 促进装置大型化的转变

水煤浆气化装置目前已经由初期的日处理百吨升级为日处理千吨甚至更多,大型化的装置能够有效地节省生产成本,使设备的利用率大大提高,工艺过程智能化,能够满足连续性生产的要求。煤化工技术的持续发展需要不断的更新改革。水煤浆气化工艺会朝着更高参数,更大装置的方向进展。

### 3. 促进原料向着提纯化的方向升级

水煤浆制备一般情况下是以内水高和可磨性差的低价煤作为生产原料,采用棒磨机进行研磨工作,浓度一般控制在60%,粘度控制在1000cp左右,PH值在8-10。因为粒度级的配比缺乏合理性,流动性和稳定性较差。如果利用高效先进的制浆工艺技术和研磨设备开展分散研磨工作,不仅能够从根本上优化水煤浆的粒度级配比,还能够提高水煤浆的成浆浓度,提升气化效率,增加有效的气体产量,这项工作是目前国内外水煤浆气化技术领域最为紧迫的发展任务。

### 4. 促进操作高压化的转型和升级

大多数工艺中,水煤浆气化技术中设置的压力值为4.0MPa和6.5MPa,温度在1200℃。加强气化压力能够在根本上提高装置的经济效益,减少生产成本,目前一些工艺在8MPa的高压气化基础上实现再次地突破,因此大型水煤浆气化装置是未来发展路程中的重中之重。

### 5. 提高能量的利用效率

水煤浆气化过程中的能量利用主要分为上行废锅产高压蒸汽的流程,下行水激冷产饱和水煤气的流程。前者的热效率和煤气热值比较高,但是只能针对少量的气体热量进行回收和利用,熔渣中的热量并不能很好地回收,同时该流程的预热方式需要运用的设备比较复杂,需要消耗大量的能源,适合应用在整体煤气化联合循环发电系统中;后者所需的设备结构非常简单,但是有效气体的含量比较低,煤气的热值也比较低,会产生大量的黑水和含盐废水,设备管道容易被废渣废水结垢堵塞,使用应用在合成气的生产工作中。因此,采用具有新时代特色的低能耗、高效率的能量回收模式,能够保证气化炉的全热回收,该模式未来也会逐渐成为水煤浆气化技术十分重要的发展方向。

## 三、结束语

结合以上论述的内容进行总结,目前我国水煤浆气化技术的发展步伐逐渐加快,慢慢成为国际市场上应用非常广泛的一项技术,特别是超大型的水煤浆气化装置的构建,正式开始推进煤气化技术向着超大型化装置的升级和转型。水煤浆气化技术应用在制氢工作中能够获得更加良好的经济效益和环保效益,氢气属于我国第二大原料类型,根据实践研究发现,单一的变换流程在材料选择和结构方面都还存在着一定的缺陷和不足,还需要继续优化和升级,积极建立起更加严格全面的保障制度,促进水煤浆气化技术的持续发展,更好地满足相关工作的要求。不久的将来,我国水煤浆气化技术还会继续发展、更新,为我国现代化的化工工业发展确立新的路线、新的发展方向,尤其是自己研究的水煤浆气化技术的大幅应用,大大促进我国煤化工产业链的发展,提高我国在煤化工行业的领导地位,为世界煤炭清洁能源的发展贡献技术力量。

### 参考文献:

- [1]庞睿.水煤浆气化制氢配套变换流程分析与选择[J].大氮肥,2020,43(3):145-149+159.
- [2]于海鑫,顾文龙.煤焦制氢装置协同处置有机物料技术[J].齐鲁石油化工,2021,49(3):209-211+227.
- [3]王泉.水煤浆装置原料煤掺配石油焦运行总结[J].大氮肥,2020,43(6):361-367.