

# 太阳能煤气化技术及发展前景

郭红军,王 昌,崔满堂,张 超,刘永朕,张乾龙

(中国矿业大学 孙越崎学院 江苏 徐州 221116)

**摘要:** 通过太阳能水煤气实验,研究了温度、反应物成分、气流速率等因素对煤气转换率的影响。经多次实验测得混合气中  $H_2$ ,  $CO$  和  $CO_2$  的组分比,结果表明:温度较低时,反应不稳定,  $H_2$  转化率较高,生成少量  $CO$ ; 随温度升高,  $H_2$  转化率缓慢降低,  $CO$  和  $CO_2$  相互转化明显,在  $1000 \sim 1050 \text{ }^\circ\text{C}$  范围内煤炭转化率最高,近似 99%,其中  $H_2$  约占 49%。在煤气转化过程中,升高温度可显著提高反应速率和有效气体的转化率;降低氧气含量可使反应简单,促进水煤气变换反应的持续进行,可进一步提高煤气生成率。

**关键词:** 太阳能; 煤炭气化; 低损耗; 低污染; 能源存储

中图分类号: TD849; TQ546

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2012)04-0091-03

## Solar coal gasification technology and its development

GUO Hong-jun, WANG Chang, CUI Man-tang, ZHANG Chao, LIU Yong-zhen, ZHANG Qian-long

(Sun Yueqi Honors College, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** Gasify pulverized coal to water gas by solar. Research the influence of temperature, pulverized coal properties, airflow rate and other factors on conversion rate. Through lots of experiments, get the proportion of  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  in mixture. The results show that, at lower temperature, the reaction is unstable and the hydrogen conversion rate is higher, and it generates less  $CO_2$ . With the rise of temperature, the hydrogen conversion rate slowly decrease, and the conversion of carbon monoxide and carbon dioxide is very obvious. The conversion of pulverized coal reaches up to 99 percent, hydrogen 49 percent while the temperature varies from  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  to  $1050 \text{ }^\circ\text{C}$ . During coal gas transformation, raising the temperature could significantly improve the reaction rate and effective gas conversion rate. Reducing oxygen content could simplify and power the reaction, which further enhance the coal gas yield.

**Key words:** solar; coal gasification; low energy consumption; low environmental pollution; energy storage

按目前的水平开采世界已探明的能源,据估计,煤炭资源尚可开采 100 a,天然气 50 ~ 60 a,地球上石油的存量已不足 2000 亿 t,在 100 a 后将被耗尽,而能源消费在未来 10 ~ 20 a 内还会以平均 2% 的速度增长。而且大规模使用化石燃料,环境污染已经到了地球无法承受的边缘。面对飞速发展的经济,

必须有一个强有力的能源供应来保证现代化建设。因此中国在加快研发低能耗或者无污染的新能源的同时要大力节能,减少能源的损耗,合理控制污染源的使用量,增加绿色能源的使用。将“高资源消耗、高污染排放、低经济效益”的“两高一低”发展模式转变为“资源消耗少、环境污染小、经济效益高”

收稿日期: 2012-05-14 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助

作者简介: 郭红军(1989—),男,甘肃兰州人,研究方向为采矿及煤炭气化。

引用格式: 郭红军,王 昌,崔满堂,等. 太阳能煤气化技术及发展前景[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 91-93.

的“两低一高”模式。其次,改善能源结构,提高能源利用率,对煤等能源加大洁净化技术的推广。要以保护环境为首位,杜绝先污染后治理的政策。适当调整好能源结构,实现结构多元化,加大对太阳能等清洁能源的利用。

## 1 常规煤气化工艺分析

目前,中国已经建立多种煤气化工艺,主要有:

(1) 常压固定层间歇式无烟煤气化技术,缺点是进厂原料利用率低,单耗高,操作繁杂,单炉发气量低,吹风放空气对大气污染严重。

(2) 常压固定层无烟煤富氧连续气化技术,提高了进厂原料利用率,对大气无污染,设备维修工作量小,维修费用低,适合于有无烟煤的地方,对已有常压固定层间歇式气化技术做了改进。

(3) 鲁奇固定层煤加压气化技术,不足是产生的煤气中含有焦油、高碳氢化合物含量1%左右,甲烷含量10%左右,同时,焦油分离、含酚污水处理都比较复杂。

(4) 灰熔聚流化床粉煤气化技术优点是投资较少,生产成本低;缺点是气化压力为常压和低压,环境污染、飞灰堆存和综合利用问题还未解决。

(5) 恩德粉煤气化技术,缺点是气化压力为常压,单炉气化能力还比较低,产品气中 $\text{CH}_4$ 含量高达1.5%~2.0%,飞灰量大,环境污染、飞灰堆存和综合利用等问题有待解决。

(6) GE 德士古(Texaco)水煤浆加压气化技术,缺点是气化用原料煤受气化炉耐火砖衬里限制,适宜于气化低灰熔融性煤。碳转化率低,比气耗和比煤耗较高。气化炉耐火砖使用寿命较短,一般为1~2 a,国产砖寿命为1 a左右,有待改进。气化炉烧嘴使用寿命较短,一般使用2个月,需停车进行检查、维修或更换喷嘴头部。

(7) 多元料浆加压气化技术,在制备多元料浆时掺入油类的办法与当前中国氮肥工业以煤代油改变原料路线的方针不符,是不可取的。

(8) 多喷嘴(四烧嘴)水煤浆加压气化技术,存在的问题是气化炉顶部耐火砖磨蚀较快,以及同样直径同生产能力的气化炉,其高度比GE德士古单烧嘴气化炉高,又多了3套烧嘴和相应的高压煤浆泵、煤浆阀、氧气阀、止回阀、切断阀及连锁控制仪表,一套投煤量1000 t/d的气化炉投资比单烧嘴气化炉系统的投资多2000万~3000万元。工艺不同,

优缺点也不同。

## 2 高效率转化,低污染排放

与当前中国煤炭气化工艺相比,太阳能煤气化技术充分利用太阳能,代替了煤炭或者电力加热,减少了不可再生资源的消耗。由于太阳能分布广泛,没有地域的限制。无论陆地或海洋,高山或岛屿,处处皆有,可直接开发和利用,且勿须开采和运输。每年到达地球表面上的太阳辐射能约相当于130万亿t煤,其总量属现今世界上可以开发的最大能源,所以创造性的将这部分能源与煤炭气化技术联系起来,开创煤炭资源利用的新局面。

太阳能煤气化技术不仅可以实现煤炭资源高效利用、满足工业需求及缓和能源危机的目的,而且可生成较少污染物或温室气体,为发展和谐环境创造了机会,提供了保障。

### 2.1 制取工业原料

经实验得,在1000℃左右时,水煤气( $\text{H}_2$ 和 $\text{CO}$ )生成率超过95%,而且合成气的应用已经深入到社会发展的各个方面。

(1) 作为工业燃气,主要用于钢铁、机械、卫生、建材、轻纺、食品等部门,用以加热各种炉、窑或直接加热产品或半成品。除此还可用作化工合成和燃料油合成原料气,主要包括合成氨、合成甲烷、合成甲醇、醋酐、二甲醚以及合成液体燃料等。

(2) 由于煤气中的 $\text{CO}$ 和 $\text{H}_2$ 具有很强的还原作用,因此可作为冶金还原气。在冶金工业中,利用其直接将铁矿石还原成海绵铁;在有色金属工业中,镍、铜、钨、镁等金属氧化物同样可用还原气来冶炼。

(3) 不论煤炭直接液化还是间接氧化,都离不开煤炭气化,通过气化产生液化所需的气源。

由此看来,太阳能煤炭气化对未来工业发展起着举足轻重的作用,是经济发展的主推动力之一。

### 2.2 分离制得高纯度 $\text{H}_2$

煤炭气化一般是将煤炭转化成 $\text{CO}$ 和 $\text{H}_2$ 的混合气并加以利用,制氢则需再通过变换反应将 $\text{CO}$ 转换成 $\text{H}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,将富 $\text{H}_2$ 体经过低温分离或变压吸附及膜分离技术获得高纯度的 $\text{H}_2$ 。 $\text{H}_2$ 作为清洁无污染的绿色能源,深受人类的青睐,广泛用于电子、冶金、玻璃生产、化工合成、航空航天、煤炭直接液化及氢能电池等领域。目前世界上96%的 $\text{H}_2$ 来

源于化石燃料转化,而煤炭气化制氢起着很重要的作用。

### 2.3 污染物排放少

就中国现有煤炭气化工艺而言,对地球环境均有不同程度的污染和破坏,尤为突出的是吹风放空气、煤气中含焦油、飞灰堆存及大量排放  $\text{CO}_2$  气体等。太阳能煤气化工艺在整个生产过程中遵循“多转化、多利用、少排放”的两多一少原则。由于进料是煤粉与水蒸汽,不涉及鼓风等操作,而且反应物接触充分,反应较完全,基本上将所有的碳元素都转化成  $\text{CO}$  和少量的  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , 所有的氢都转化成  $\text{H}_2$ , 混合气成分相对较少,进一步处理较容易。因此既避免了传统工艺对环境的污染,而且在转化后能源的二次利用方面以氢为主,几乎不会产生污染源,大大提高了环境和经济效益。

### 3 联合循环发电,能源转化存储

整体煤气化联合循环发电(简称 IGCC)是指煤在加压下气化,产生的煤气经净化后燃烧,高温烟气驱动燃气轮机发电,再利用烟气余热产生高压过热蒸汽驱动蒸汽轮机发电。用于 IGCC 的煤气,对热值要求不高,但对煤气净化度(如粉尘及硫化物含量)要求很高。而煤炭气化产生的气体满足要求,通过 IGCC 技术,将太阳能转化成电能合理利用。同时,燃料电池技术也在飞速发展,目前与高效煤气化结合的发电技术有 IG-MCFC 和 IG-SOFC,其发电效率可达 53%,充分说明可以将太阳能以电能的形式存储在各种燃料电池中。当然,随着氢能利用技术的发展,太阳能将会更多地转化为  $\text{H}_2$ , 利用和储备的同时为新能源寻找和研发争取时间。

### 4 前景展望

各种新兴技术迅猛发展,尤其在能源开发利用方面取得了惊人的成绩。全世界煤炭资源有限且不可再生,100 a 后地球上所有煤炭完全枯竭,人类发展将面临巨大挑战。而太阳能资源取之不尽用之不竭,因此将太阳能转化成可供人类直接利用的能源已是必然趋势,也会受到社会各界的广泛关注。

太阳能煤气化技术结合两者特点,借助源源不断的太阳能将有限的煤炭资源尽可能多地转化为紧缺资源,在满足各种需求的同时科学储存,为永久和

谐的发展奠定基础。然而,该技术离商业化、产业化还有一段距离,需要更深入的研究和探索,主要面临如下问题:①如何使太阳光变成高能流密度光束,如何提高聚光效率以满足煤炭气化的工业化生成;②如何提高转化能源的清洁利用率,如工业燃气和联合循环发电等;③如何高效储存转化后的能源,如  $\text{H}_2$ 。

### 5 结 语

随着科学技术的不断发展,国内外煤气化技术日趋成熟,逐步走向商业化、产业化,同时,新型技术也在蓬勃发展。太阳能煤气化技术利用可再生能源——太阳能作为热源,替代煤炭燃烧产生的热量使反应发生,产生工业原料,进一步分离制得  $\text{H}_2$ , 结合氢能利用技术,转化成多种不同形式的洁净能源加以利用和存储。在资源短缺的今天,太阳能煤气化技术具有潜在的竞争力,是解决未来能源危机的重要途径,对人类社会和谐、可持续发展具有深远的意义和影响。

#### 参考文献:

- [1] 许祥静,张克峰.煤气化生产技术[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [2] 唐宏青.现代煤化工新技术[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [1] 白富鑫.煤化工发展趋势及面临的问题[J].当代化工,2010,39(4):461-462.
- [2] 赵勇.煤炭气化产业的发展现状和工业化前景[J].化肥设计,2009,47(2):7-9.
- [3] 朱劼,阚士凯.煤炭地下气化的发展前景[J].山西焦煤科技,2010(7):54-56.
- [4] 王立群,张俊如,朱华东.在流化床气化炉中生物质与煤共气化的研究[J].太阳能学报,2008,29(2):246-251.
- [5] 熊道陵,李金辉,钟洪鸣.煤炭深加工技术及应用[J].洁净煤技术,2009,15(2):11-14,35.
- [6] 王桂芝.国外氢气生产技术分析[J].化工技术经济,2006,24(6):47-50.
- [7] 柳少波,洪峰,梁杰.煤炭地下气化技术及其应用前景[J].天然气工业,2005,25(8):120-122.
- [8] 杨向忠.谈煤炭气化技术及其发展[J].陕西煤炭,2004(2):15-16.
- [9] 黄温钢,辛林,吴俊一.从低碳经济看我国煤炭地下气化的前景[J].中国科技论文在线,2010-08-02.
- [10] 张辉,罗杰,宋美华.二氧化碳的资源化利用[J].辽宁化工,2011,40(6):601-603.