

加压固定床粗煤气再转化工艺研究

张庆九¹, 王光龙²

(1. 鹤壁煤电股份公司 煤化工筹备处 河南 鹤壁 458000;

2. 郑州大学 化工与能源学院 河南 郑州 450000)

摘要:通过理论分析,综合加压固定床煤气化工艺和烃类转化工艺的技术特点,提出加压固定床粗煤气再转化工艺。加压固定床粗煤气再转化工艺取消了现有加压固定床煤气化工艺中煤气水分离、酚氨回收、废气焚烧、变换工艺洗涤塔、低温甲醇洗工艺萃取系统和石脑油分离系统等装置,降低固定资产投资46.9亿元(现用煤气化工艺化工固定资产投资117.25亿元);每年减少使用原料煤96.84万~118.18万t,约合1.29亿元(以褐煤120元/t计);取消使用二异丙基醚0.21万t/a,减少甲醇用量0.96万t/a和质量分数32%的NaOH用量0.36万t/a;取消含尘煤气水和含油煤气水排放量1585.71t/h(原排放污水1761.9t/h);减少废水处理装置土地面积17790m²以上。提高CO₂利用率,提高硫回收率。加压固定床粗煤气再转化工艺具有工艺、设备和工程建设投资少,工艺运行成本低,环境保护好等显著特点。

关键词:煤气化;再转化;加压固定床;粗煤气

中图分类号:TQ529;TD849

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2011)06-0036-03

1 现有加压固定床煤气化技术特点

加压固定床煤气化技术能够连续进行加压煤气化,煤种适应性强;但由于煤气化温度低,粗煤气中甲烷含量高,粗煤气中还含有苯、酚、焦油等一系列难处理的物质,因而粗煤气分离、变换、净化、回收等工艺流程复杂,运行费用高,原料煤利用率低,碳损失较大,废水组分复杂,排放量大且不易处理,环境污染大,初期设备投资大,占地面积大,工程费用高。加压固定床煤气化工艺流程如图1所示。

2 粗煤气再转化理论分析

高温下气态烃、石脑油、重油等碳化物裂解为低碳烃,低碳烃和水蒸气反应,转化为有效气体(H₂+CO)^[1]。这一制取工艺已经成功使用了直接转化和二次转化^[2]。而以煤为原料制取有效气体的气化工艺中,当气化温度足够高时,煤挥发分与水蒸气也可在极短时间内转化为有效气体^[3],这在德士古和壳牌气化炉的使用过程中已得到证明^[4]。自热式燃烧转化炉进行粗煤气再转化,在理论上是成立的,在实际应用中是可行的。若以C_mH_nS_r代表焦油

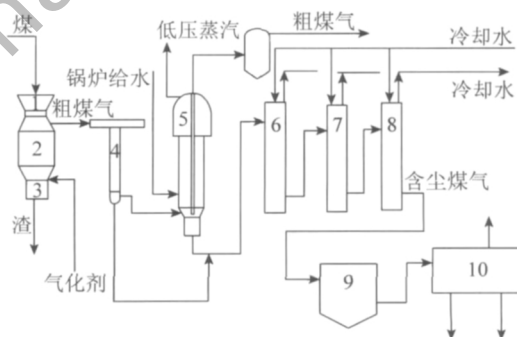


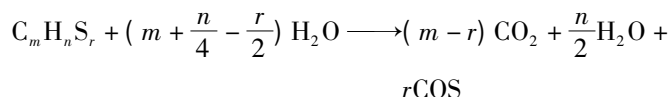
图1 加压固定床煤气化工艺流程

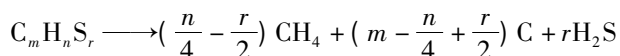
- 1—煤仓和煤锁;2—加压固定床煤气化炉;3—灰锁;
4—洗涤冷却器;5—废热锅炉;6—8—煤气水冷却器;
9—煤气水油水初分离器;10—废气、废水、焦油分离、回收系统

组成,则总反应式表示为^[5]:

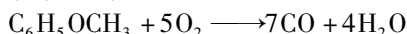
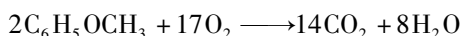


实际过程是由多种反应组成的,其主要反应式有:

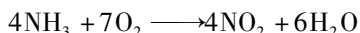
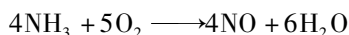




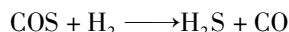
酚的燃烧反应:



氨燃烧反应:

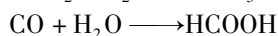
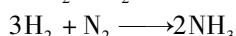
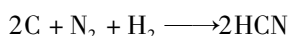


硫化物反应:



硫化物在 500 °C 以上,是以 H₂S 的形式存在的。

主要副反应:



3 粗煤气再转化工艺流程

加压固定床粗煤气再转化工艺流程如图 2 所示。

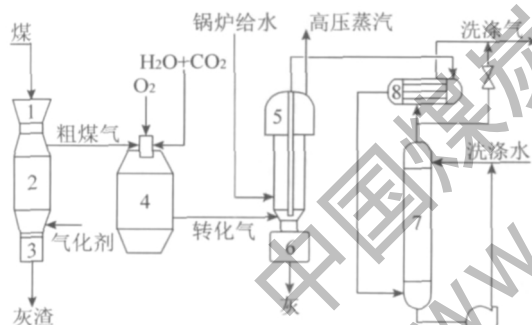


图2 加压固定床粗煤气再转化工艺流程

- 1—煤仓和煤锁;2—加压固定床煤气化炉;3—灰锁;
4—自热式燃烧转化炉;5—废热锅炉;6—飞灰分离器;
7—洗涤塔;8—洗涤气换热器

加压固定床粗煤气再转化工艺流程为:煤炭送到煤仓中,从煤仓到煤锁,在煤锁中加入 CO₂ 气体升压,煤锁和气化炉压力平衡后,煤加到加压固定床煤气化炉内,从气化炉底部通入气化剂进行煤气化产粗煤气,粗煤气到自热式燃烧转化炉烧嘴,在转化炉烧嘴加入 O₂、CO₂ 和水蒸气。粗煤气、O₂、水蒸气和 CO₂ 从烧嘴喷出混合燃烧,混合气体在转化炉内发生转化反应,将焦油、石脑油、轻油、多碳烃、甲烷和酚转化为有效气体。出转化炉的转化气送到废热锅炉副产高压蒸汽^[6]。

4 加压固定床粗煤气再转化工艺和 12000 km³/d 煤制天然气工艺对比

(1) 粗煤气再转化工艺将粗煤气组分中的水、

煤粉、煤焦油、石脑油、不饱和烃、酚等转化为有效气体。粗煤气在再转化炉内燃烧,燃烧形成的高温使 CO₂ 转化为 CO,使 NH₃ 生成氮氧化合物和水,使硫化物分解为 H₂S 和 SO₂。

(2) 粗煤气再转化工艺每年将 50.88 万 t 焦油、10.128 万 t 石脑油、5.76 万 t 酚转化为有效气体。对比焦油和褐煤固定碳含量可知,焦油固定碳含量 80.25%,褐煤固定碳含量 45%~55%,1 t 焦油相当于 1.45~1.77 t 褐煤。使用再转化工艺后,在粗煤气产量不减少的情况下,节约原料褐煤 96.84 万~118.18 万 t/a(约占现用原料褐煤使用量的 6.8%~8.3%,以褐煤 120 元/t 计算,减少 1.29 亿元);其次,在低温甲醇洗工艺减少使用萃取剂二异丙基醚 0.21 万 t/a、净化剂 CH₃OH 0.96 万 t/a、中和剂 NaOH(质量分数 32%) 0.3 万 t/a(现用工艺使用 0.36 万 t 相同质量分数的 NaOH);同时,还节约大量的化工原料运输费用。

(3) 使用粗煤气再转化工艺后,焦油、石脑油转化后产生的硫化物,在低温甲醇洗工艺中回收,硫回收量提高 0.6%。

(4) 使用粗煤气再转化工艺后,将水、焦油、石脑油、酚转化为有效气体。首先,去除现用加压固定床煤气化工艺中 6 套煤气水分离工艺装置;其次,去除现用 6 套低温甲醇洗净化工艺装置的硫化物独立吸收塔、萃取塔和石脑油静态分离器;缩短工艺流程,煤气化工艺装置和低温甲醇洗工艺装置运行费用降低 60% 以上,降低粗煤气制造和气体净化成本。最后,去除现有 6 套酚回收装置,消除酚回收工艺的蒸汽和动力消耗。使用粗煤气再转化工艺将减少煤气水回收、低温甲醇洗工艺油和酚的分离、酚回收设备投资、工程投资和土地投资。

(5) 使用粗煤气再转化工艺后,粗煤气中 NH₃ 氧化为 NO 和 NO₂,NH₃ 存量很少。粗煤气在变换工艺中 NH₃ 和 CO₂ 形成的碳铵,不会造成碳铵结晶堵塞。故而去除了变换工艺中粗煤气洗涤用水和碳铵结晶冲洗用水,去除 6 套变换工艺装置中洗涤塔、冷却器冲洗和洗涤水循环系统,减少变换设备投资。其次,变换工艺废水排放量降低 1585.71 t/h(原排放 1761.9 t/h),废水总量减少 90% 以上,减少土地使用面积 17790 m² 以上,降低环境污染。最后,粗煤气再转化后 NH₃ 含量很少,去除 3 套氨回收工艺装置,消除氨回收的运行费用、设备投资、工程投资和土地投资。

(6) 使用加压固定床粗煤气再转化工艺后,废水中不再含有焦油、石脑油和酚等组分,废水处理

难度降低,废水处理系统的运行费用大幅度降低。废水量减少,使废水处理装置的占地面积降低,土地投资大幅度降低。

(7) 在加压固定床粗煤气再转化工艺中,煤锁气改用 CO_2 ,煤锁升压加煤完成后, CO_2 随煤进入气化炉, CO_2 作为原料再随粗煤气进入粗煤气转化炉转化为 CO ,提高 CO_2 利用率。煤锁降压受煤时的 CO_2 放空。这样就取消现用加压固定床煤气化工艺中煤锁气加压、分离、回收和储存系统,降低煤锁系统的设备投资。

(8) 在加压固定床粗煤气再转化工艺中,粗煤气出气化炉直接进入自热式燃烧转化炉,粗煤气的热量得到充分利用,减少热量损失。在煤气化工艺中废热锅炉系统副产高压蒸汽,提高蒸汽利用率,降低锅炉生产高压蒸汽量,降低锅炉用煤量。

(9) 加压固定床粗煤气再转化工艺中,转化气和洗涤气的热交换设计,降低转化气到洗涤塔的气体温度,提高转化气在洗涤塔内的净化效果,又能提高洗涤气到变换工艺入口的气体温度,减少热量损失。

5 结 论

采用加压固定床粗煤气再转化工艺制取有效气体,取消现用加压固定床煤气化制取有效气体工艺中的煤气水分离系统、变换工艺中洗涤塔、冷却器冲洗和洗涤水循环系统、低温甲醇洗工艺中萃取

系统和石脑油分离系统、废气焚烧工艺、酚回收工艺和氨回收工艺。充分利用和回收粗煤气中的热量,将热量损失降到最低,充分利用粗煤气中的水分,减少废水排放。转化使原料煤碳损失降到最低,减少原料煤使用量,提高 CO_2 利用率,增加有效气体产量和硫回收量,提高企业收益,减少硫排放量,降低酸性气体污染。减少甲醇和 NaOH 使用量,消除二异丙基醚的使用,大幅度降低生产运行成本。

采用加压固定床粗煤气再转化工艺,降低工艺设备投资、工程建设投资、工艺运行成本 and 环境污染,具有巨大的节能、环保和经济效益。

参考文献:

- [1] 苏马加利尔. 石油化学加工过程理论基础 [M]. 徐亦芳译. 北京: 石油化工出版社, 1982.
- [2] 黄德明. 合成氨生产工艺学 [M]. 北京: 烃加工出版社, 1989.
- [3] 郭树才. 煤化工工艺学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1992.
- [4] 李芳芹. 煤的燃烧与气化手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1997.
- [5] 贺永德. 现代煤化工技术手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [6] 冯元琦. 甲醇生产操作问答 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.

Research on reconversion process of pressurized fixed-bed raw coal gas

ZHANG Qing-jiu¹, WANG Guang-long²

(1. Coal Chemical Industry Preparatory Department Hebi Coal & Electricity Co., Ltd. Hebi 458000, China;

2. School of Chemical Engineering and Energy Zhengzhou University Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Combining the technical characteristics of pressurized fixed-bed gasification process and hydrocarbon conversion process, put forward the reconversion process of pressurized fixed-bed raw coal gas through theoretical analysis. The coal gas water separation, phenolic ammonia recovery, flue gas burner, conversion scrubber devices in low-temperature methanol washing system and naphtha separation system and so on have been abandoned thanks to the new technology. This technology reduces the fixed asset investment by 4.69 billion yuan annually (while the present technical process costs 11.725 billion annually), saves raw coal by 0.9684 million to 1.1818 million tons annually, approximate to 129 million yuan when the price of lignite is 120 yuan per ton, saves DIPE by 2100 tons, lowers methanol consumption by 9600 tons and sodium hydroxide which mass fraction is 32% by 3600 tons; decreases the dusty gas water and oil gas water emission by 1585.71 t/h while it used to pour sewage 1761.9 t/h, lessens the land area taken by wastewater treatment plant over 17790 m². It also improves the utilization rate of carbon dioxide and the recovery of sulfur. This reconversion process need less investment in equipments and engineering construction as well as low operating cost and environmentally friendly.

Key words: coal gasification; reconversion; pressurized fixed-bed; crude gas