



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103074093 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201310034572. 7

(22) 申请日 2013. 01. 30

(71) 申请人 南京工业大学

地址 211816 江苏省南京市浦口区浦珠南路  
30 号

(72) 发明人 朱跃钊 高豪杰 陈海军 廖传华  
付烽 杜杨 杨丽 杨谋存

(74) 专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230  
代理人 樊文红

(51) Int. Cl.

C10B 49/02 (2006. 01)

C10B 57/10 (2006. 01)

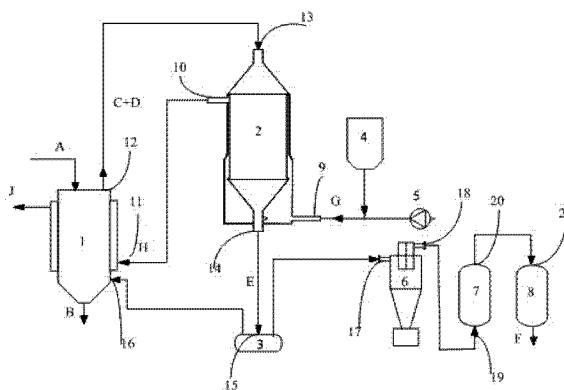
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

### (54) 发明名称

一种褐煤直接干燥和热解一体化工艺和系统

### (57) 摘要

本发明涉及一种褐煤直接干燥和热解一体化工艺和系统,该工艺包括将燃料送入高温催化裂解炉内燃烧,产生的热量作为高温催化裂解炉内粗煤气裂解反应的热源;从高温催化裂解炉的上部烟气出口排出的中温烟气进入热解炉外加热夹套,对褐煤原料间接加热干燥和热解,产生半焦、粗煤气和水蒸汽,烟气尾气排空;粗煤气与未反应的水蒸汽从热解炉排出,经燃气进口进入高温催化裂解炉,在其内部发生催化裂解和水蒸汽重整反应,产生高温裂解气;高温裂解气中的一部分回流入热解炉内炉胆,剩余部分经除尘、水洗和过滤净化处理后,作为外供燃气或合成原料。本发明省去了传统褐煤蒸汽气化应用中的干燥和蒸汽制备环节,提高了自发蒸汽的利用效率。



1. 一种褐煤直接干燥和热解一体化系统,其特征是,该系统由热解炉(1)、高温催化裂解炉(2)、缓冲罐(3)、燃料料斗(4)、鼓风机(5)、旋风除尘器(6)、水洗罐(7)和活性炭过滤罐(8)组成;所述的热解炉(1)由内炉胆和外加热夹套组成,热解炉(1)的内炉胆设有上顶进料口、上部出气口(12)、底部出炭口和下部进气口(16),热解炉(1)的加热夹套上设有下部烟气进口(11)和上部烟气出口;高温催化裂解炉(2)设有顶部进气口(13)、上部烟气出口(10)、底部出气口(14)和下部燃料进口(9),高温催化裂解炉(2)内装有催化剂;缓冲罐(3)设有上部燃气进口(15)、左侧燃气出口和右侧燃气出口;热解炉(1)内炉胆的上部出气口(12)连接高温催化裂解炉(1)上部进气口(13),热解炉(1)内炉胆的底部进气口(16)连接缓冲罐(13)左侧出气口(15),热解炉(1)外加热夹套的下部烟气进口(11)连接高温催化裂解炉(2)的上部烟气出口(10),高温催化裂解炉(12)的底部出气口连接缓冲罐(3)的顶部燃气进口(15),缓冲罐(13)的右侧燃气出口连接燃气旋风除尘器(16)的上部进气口(17),旋风除尘器出口(18)和水洗罐(7)的下部进口(19)连接,水洗罐出口(20)和活性炭过滤罐进口(21)连接。

2. 根据权利要求1所述的褐煤直接干燥和热解一体化系统,其特征是,所述的热解炉(1)和高温催化裂解炉(2)均由耐高温不锈钢制成,表面经耐热处理或内衬耐火层。

3. 根据权利要求1所述的褐煤直接干燥和热解一体化系统,其特征是,所述的高温催化裂解炉(2)为列管式结构,粗煤气(C)和水蒸气(D)从其顶部进入,并在管程内受热发生催化裂解和水蒸汽重反应;高温烟气在管外与粗煤气逆流流动,为整个反应提供热量。

4. 一种褐煤直接干燥和热解一体化工艺,其特征是,该工艺包括下列步骤:

S1. 将燃料送入高温催化裂解炉(2)内燃烧,产生的热量作为高温催化裂解炉(2)炉内催化裂解的热源;

S2. 高温催化裂解炉(2)的上部烟气出口(10)排出的温度为 500—900℃的中温烟气(H),通过烟气进口(11)进入热解炉(1)外加热夹套,对褐煤原料(A)加热干燥和热解,产生半焦(B)、含粗煤气(C)和水蒸气(D),烟气尾气J经净化后排空;

S3. 粗煤气(C)与未反应的水蒸气(D)从热解炉顶部燃气出口(12)排出,经燃气进口(13)进入高温催化裂解炉(2),在高温催化裂解炉(2)内部发生催化裂解和水蒸汽重整反应,产生高温裂解气(E);

S4. 高温裂解气(E)中的一部分回流入热解炉(2)内炉胆,作为热源对褐煤直接加热,剩余部分经旋风除尘、水洗和过滤等净化处理后,作为外供燃气或合成原料。

5. 根据权利要求4所述的褐煤直接干燥、热解一体化工艺,其特征是,所述的燃料采用粒径为 0.025mm—0.25mm 的生物质。

6. 根据权利要求4所述的褐煤直接干燥和热解一体化工艺,其特征是,所述步骤2中的干燥和热解包括先将褐煤加热脱水,产生低压水蒸汽,然后继续升温,热解产生煤半焦(B)、粗煤气(C)和水蒸气(D)。

7. 根据权利要求4所述的褐煤直接干燥和热解一体化工艺,其特征是,所述步骤2中的粗煤气(C)和水蒸气(D)出热解炉时的温度为 300—600℃。

8. 根据权利要求4所述的褐煤直接干燥和热解一体化工艺,其特征是,所述步骤4中的高温裂解气E在进入热解炉时的温度为 700—1000℃。

9. 根据权利要求4所述的褐煤直接干燥和热解一体化工艺,其特征是,所述步骤

4 中的粗煤气(C) 在经过催化裂解和水蒸气重整反应后,生成的高温裂解气(E) 温度为 800-1000℃。

## 一种褐煤直接干燥和热解一体化工艺和系统

### 技术领域

[0001] 本发明专利涉及褐煤直接干燥和热解一体化工艺和系统,特别涉及将褐煤干燥过程中产生的低压水蒸汽应用到后续的催化重整反应的工艺和系统,属于低品质煤清洁高效利用技术领域。

### 技术背景

[0002] 我国煤炭的总储藏量达 6000 亿吨,居世界第三位,其中褐煤所占比例约为 12.7%。褐煤是一种状态介于无烟煤和泥炭之间的煤炭,由于成煤时间短、水份较高(一般可达 30%—60%)、挥发分高以及着火点低,使得其热稳定性差、化学活性高,发热量一般在 4000kcal/kg 以下。高含水率降低了褐煤的能量密度,给褐煤的输送和高效利用带来了很大困难,极大地限制了褐煤的开采规模。

[0003] 利用褐煤化学活性高的特点,通过水蒸汽气化反应制备合成气,之后再用于合成一系列化学品是褐煤清洁利用的一条重要途径。传统的褐煤利用方案中,高含水率的褐煤在进入气化炉前须经过干燥预处理,如热风干燥,使其湿度降低到一定的范围。这种先干燥后利用的方案,不仅增加了设备投资,而且干燥工艺需要消耗更多的能量。此外,蒸汽气化所需的蒸汽则大多是通过辅助的蒸汽发生装置制备,干燥蒸发产生的大量低压水蒸汽也得不到利用,褐煤干燥气化反应过程能源重复消耗现象严重,能量利用率低,处理成本高。

[0004] 胡国新等在 Hydrogen-Rich Gas Production from Pyrolysis of Biomass in an Auto-generated Steam Atmosphere (ENERGY & FUELS, 2009, 23:1748-1753) 中提出了湿生物质定向气化制取高浓度氢气的工艺,该工艺将湿生物质干燥和热解、蒸汽气化、高温原位 CO<sub>2</sub> 分离集中在一个反应器内进行,使湿份干燥产生的自发蒸汽进行蒸汽气化,在获取产氢浓度较高的气化气的同时简化操作,降低能耗。郭烈锦等(专利 CN 102126704A) 在超临界水中进行生物质的催化气化,生物质的气化率可达到 100%, 气体产物中 H<sub>2</sub> 的体积百分含量甚至可超 50%, 反应中没有焦油、木炭等副产品产生, 不会造成二次污染。对于含水量高的湿生物质可直接气化,不需要高能耗的干燥过程。但是,这些转化方式主要针对生物质制氢过程,不能制取燃气,或者制备合成气进行化工原料的合成。因此从改进蒸汽供给模式入手,采用褐煤高效清洁利用工艺制取燃气或合成气,将褐煤干燥过程所产生的低压水蒸汽应用到后续的气化重整反应过程,以节约能耗、减少设备用量及投资,具有重要的现实意义和较好的经济性。此前,未见褐煤直接干燥—热解一体化利用的报道。

[0005]

### 发明内容

[0006] 为了克服现有技术的不足,本发明的目的是提供一种褐煤直接干燥和热解一体化工艺和系统,使得褐煤在自发蒸汽气氛内进行热解气化,省去了传统褐煤蒸汽气化应用中的干燥和蒸汽制备环节,提高了自发蒸汽的利用效率。

[0007] 为了实现上述目的,本发明的一个技术方案为:

一种褐煤直接干燥和热解一体化系统,该系统由热解炉、高温催化裂解炉、缓冲罐、燃料料斗、鼓风机、旋风除尘器、水洗罐和活性炭过滤罐组成,所述的热解炉由内炉胆和外加加热夹套组成,热解炉的内炉胆设有上顶进料口、上部出气口、底部出炭口和下部进气口,热解炉的加热夹套上设有下部烟气进口和上部烟气出口;高温催化裂解炉设有顶部进气口、上部烟气出口、底部出气口和下部燃料进口,高温催化裂解炉内装有催化剂;缓冲罐设有上部燃气进口、左侧燃气出口和右侧燃气出口;热解炉内炉胆的上部出气口连接高温催化裂解炉上部进气口,热解炉内炉胆的底部进气口连接缓冲罐左侧出气口,热解炉外加加热夹套的下部烟气进口连接高温催化裂解炉的上部烟气出口,高温催化裂解炉的底部出气口连接缓冲罐的顶部燃气进口,高温催化裂解炉的下部燃料进口和燃料料斗的出料口联接,缓冲罐的右侧燃气出口连接燃气旋风除尘器的上部进气口,旋风除尘器出口和水洗罐进口联接,水洗罐出口和活性炭过滤罐进口连接。

[0008] 作为本发明的进一步改进,所述的热解炉和高温催化裂解炉均由耐高温不锈钢制成,表面经耐热处理或内衬耐火层。

[0009] 作为本发明的进一步改进,所述的高温催化裂解炉为列管式结构,粗煤气从其顶部进入,并在管程内受热产生催化裂解和水蒸气重反应;高温烟气在管外与粗煤气逆流流动,为裂解反应提供热量。

[0010] 为了实现上述目的,本发明的另一个技术方案为:

一种褐煤直接干燥和热解一体化工艺,包括下列步骤:

S1. 将燃料送入高温催化裂解炉内燃烧,产生的热量作为高温催化裂解炉的热源;

S2. 高温催化裂解炉的上部烟气出口排出的温度为 500—900℃ 的中温烟气,通过烟气进口进入热解炉外加加热夹套,对褐煤原料加热干燥和热解,产生半焦、含粗煤气和水蒸汽,烟气尾气经净化后排空;

S3. 粗煤气与未反应的水蒸汽从热解炉顶部燃气出口排出,经燃气进口进入高温催化裂解炉,在高温催化裂解炉内部发生催化裂解和水蒸汽重整反应,反应产生的高温裂解气;

S4. 高温裂解气中的一部分回流入热解炉内炉胆,作为热源对褐煤直接加热,剩余部分经除尘、水洗和过滤净化处理后,作为外供燃气或合成原料。

[0011] 作为本发明的进一步改进,所述的燃料采用粒径为 0.025mm—0.25mm 的生物质,该燃料与空气混合后在高温催化裂解炉内燃烧,能产生 1000–1200℃ 的高温,为催化热解炉提供热量。

[0012] 作为本发明的进一步改进,所述步骤 2 中的干燥和热解包括先将褐煤加热脱水,产生低压水蒸汽,然后继续升温,热解产生煤半焦和粗煤气。

[0013] 作为本发明的进一步改进,所述步骤 2 中的粗煤气出热解炉时的温度为 300—600℃。

[0014] 作为本发明的进一步改进,所述步骤 4 中的高温裂解气在进入热解炉时的温度为 700—1000℃;

作为本发明的进一步改进,所述步骤 4 中的粗煤气在经过催化裂解和水蒸汽重整反应后,生成的高温裂解气 E 温度为 800–1000℃。

[0015] 本工艺适用多种炉型,包括三段炉、立式炉等,对入炉褐煤的粒度要求不高。

[0016] 本工艺适用于含水率 20%—60% 的褐煤或其它煤种,也适用于生活垃圾、污泥等高含水率的原料。

[0017] 有益效果:

(1) 本工艺中热解煤气没有被外部气体稀释,产生的燃气最后全部用于外供;热解产生的低压水蒸汽(50—500 Pa)被用于褐煤和热解气体的水蒸汽催化重整反应,蒸汽的利用率较高;系统没有额外的水蒸汽通入,能耗降低。

[0018] (2) 本工艺将褐煤的干燥与热解气化集成为一个工艺系统,省去了单独的干燥工艺和设备,流程简单,操作简便,降低了设备投资和运营成本。

[0019] (3) 本工艺中褐煤的热解气化过程中所需的能量由生物质供给,由于生物质为可再生能源,故本发明有很大的环境效益。

## 附图说明

[0020] 图 1 为本发明实施例 1 的褐煤直接干燥和热解一体化工艺和系统流程示意图。

[0021] 图中 1 热解炉,2 高温催化裂解炉,3 缓冲罐,4 微米燃料料斗,5 鼓风机,6 旋风除尘器,7 水洗罐,8 活性炭过滤罐,11 热解炉下部烟气进口,12 热解炉上部燃气出口,13 高温催化裂解炉顶部燃气进口,14 高温催化裂解炉底部出气口,15 缓冲罐顶部燃气进口,16 热解炉下部燃气进口,17 旋风分离器进口,18 旋风分离器出口,19 水洗罐进口,20 水洗罐出口,21 活性炭过滤罐进口;A 褐煤原料,B 褐煤半焦,C 粗煤气,D 水蒸汽,E 高温裂解气,F 净化后煤气,G 生物质微米燃料,H 中温烟气,J 尾气。

## 具体实施方式

[0022] 实施例 1

如图 1 所示,褐煤直接干燥和热解一体化系统,由热解炉 1、高温催化裂解炉 2、缓冲罐 3、微米燃料料斗 4、鼓风机 5、旋风除尘器 6、水洗罐 7、活性炭过滤罐 8 等组成。所述的热解炉 1 由内炉胆和外加热夹套组成,热解炉 1 的内炉胆设有上顶进料口 13、上部出气口 12、底部出炭口和下部进气口 16,热解炉 1 的加热夹套上设有下部烟气进口 11 和上部烟气出口;高温催化裂解炉 2 设有顶部进气口 13,上部烟气出口 10,底部出气口 14 和下部燃料进口 9,高温催化裂解炉 2 内装有催化剂;缓冲罐 3 设有上部燃气进口 15、左侧燃气出口和右侧燃气出口;微米燃料料斗 4 设有顶部进料口和底部出料口;热解炉 1 内炉胆的上部出气口 12 连接高温催化裂解炉 1 上部进气口 13,热解炉 1 内炉胆的底部进气口 16 连接缓冲罐 13 左侧出气口 15,热解炉 1 外加热夹套的下部烟气进口 11 连接高温催化裂解炉 2 的上部烟气出口 10,高温催化裂解炉 12 的底部出气口连接缓冲罐 3 的顶部燃气进口 15,缓冲罐 13 的右侧燃气出口连接燃气旋风除尘器 16 的上部进气口 17,旋风除尘器出口 18 和水洗罐 7 的下部进口 19 联接,水洗罐出口 20 和活性炭过滤罐进口 21 联接。

[0023] 如图 1 所示,褐煤直接干燥和热解一体化工艺,包括下列步骤:

S1. 启动鼓风机 4,将生物质微米燃料 G 喷入高温催化裂解炉 2 内燃烧,将高温催化裂解炉 2 加热至 1100℃。

[0024] S2. 启动进料机构,将褐煤 A 从顶部进料口连续送入褐煤热解炉 1,同时将高温催

化裂解炉 2 中温烟气 H 引入热解炉 1 外加热夹套,对褐煤原料 A 进行加热热解。褐煤被加热至 150—300℃,褐煤中的水份逐渐被蒸发变为水蒸汽 D,然后继续升温至 500—600℃,并热解产生半焦 B 和粗煤气 C。

[0025] S3. 粗煤气 C 和未反应的水蒸汽进入高温催化裂解炉 2,在其内部发生催化裂解和水蒸汽重整反应,并生成 900℃高温裂解气 E。

[0026] S4. 高温裂解气 E 从高温催化裂解炉 2 的出口排出,将高温裂解气 E 引入热解炉 1,相当于原气量的高温裂解气 E 回流至热解炉,与褐煤 A 逆流接触换热,褐煤被加热至 800℃,煤半焦 B 从热解炉 1 底部排出,经冷却后作为燃料输出。剩余裂解气经旋风除尘器 6、水洗罐 7、活性炭过滤罐 8 净化处理后作为外供燃气。

#### [0027] 实施例 2

以内蒙古某褐煤为例,其发热量为 3500kcal/kg,全水份为 34.5%,挥发分含量为 35%,灰分为 11%。褐煤经筛分之后粒径范围为 3mm—20mm,以 50kg/h 的速率连续进入热解炉,在热解炉 1 内受热脱除水份,产生低压水蒸汽 D;脱水后褐煤 A 逐渐被加热至 800℃,热解产生煤半焦 B,粗煤气 C (含焦油)和水蒸汽 D。微米燃料 G 燃烧后排出的中温烟气 H (800℃) 通入至热解炉 1,对褐煤 A 进行加热;

粗煤气 C 和水蒸汽 D 进入高温催化裂解炉 2,在 1100℃发生催化裂解和水蒸汽重整反应。产生的高温裂气 E (温度 900℃) 一部分回流入热解炉 1 对褐煤 A 加热热解,剩余燃气经旋风除尘 6、水洗 7、活性炭过滤 8 处理后输送至用户。

[0028] 经取样分析,冷凝后煤气 E 的成份为:氢气 45.6%,甲烷 9.2%,一氧化碳 25.6%,二氧化碳 19.6%。

[0029] 本实例的其余工艺程序同实。

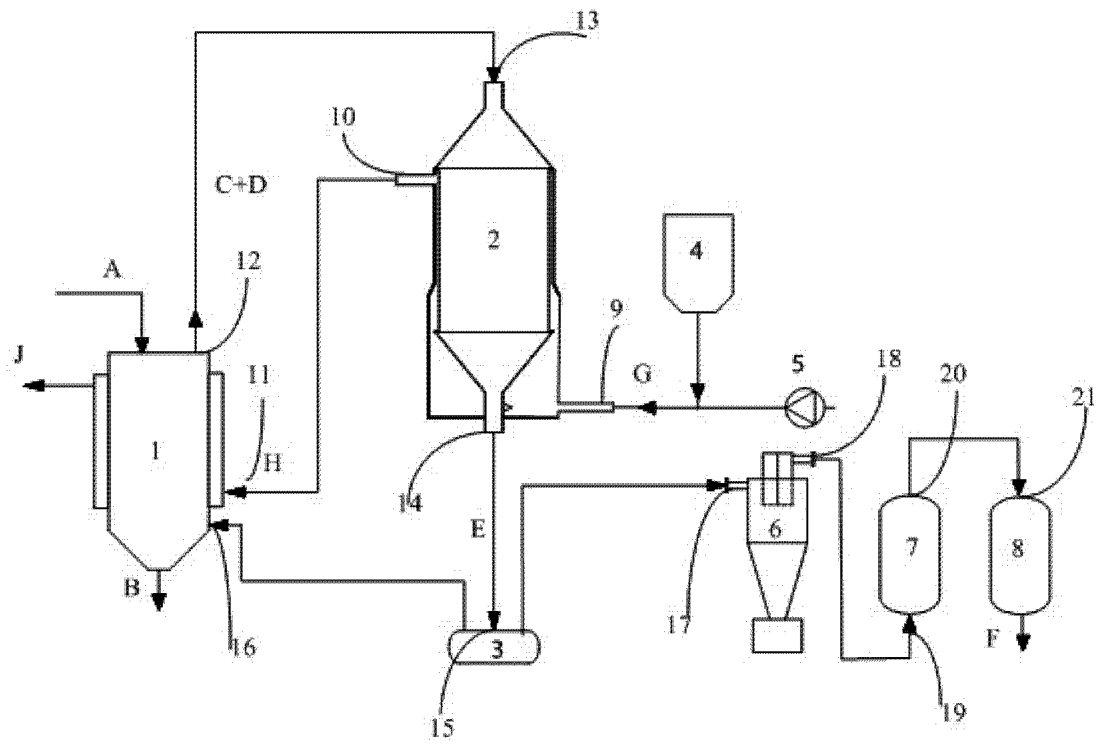


图 1