

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101509368 B

(45) 授权公告日 2011.03.16

(21) 申请号 200910129219.0

(22) 申请日 2009.03.19

(73) 专利权人 新奥科技发展有限公司

地址 065001 河北省廊坊市经济技术开发区
华祥路新奥工业园南区 B 座

(72) 发明人 甘中学 李金来 陈峰 李俊

(74) 专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理
有限公司 11291

代理人 黄志华

(51) Int. Cl.

E21B 43/295(2006.01)

审查员 李全晓

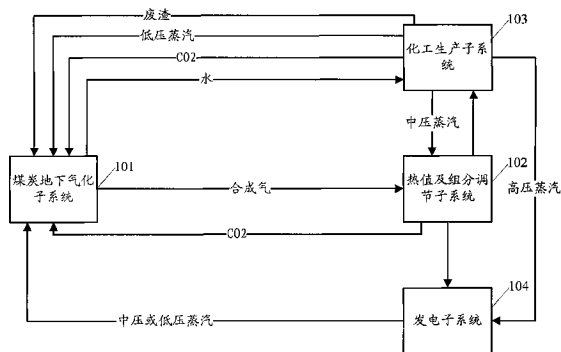
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种煤炭地下气化多联产系统和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种煤炭地下气化多联产系统和方法,所述系统包括煤炭地下气化子系统,用于在气化点火后将气化剂注入气化通道,使所述气化剂与气化通道中的煤层发生气化反应生成合成气,并将所述合成气导入热值及组分调节子系统;热值及组分调节子系统,用于重整合成气的组分及热值,并将重整后的合成气作为原料气送入化工生产子系统;化工生产子系统、用于利用热值及组分调节子系统发送来的合成气生成化工产品。利用本发明所提供的方法和系统能够在节能且环保的条件下完成煤炭气化多联产过程。



1. 一种煤炭地下气化多联产系统,其特征在于,包括:

煤炭地下气化子系统,用于在气化点火后将气化剂注入气化通道,使所述气化剂与气化通道中的煤层发生气化反应生成合成气,并将所述合成气导入热值及组分调节子系统;

热值及组分调节子系统,用于重整合成气的组分及热值,根据所述合成气的不同热值将所述合成气存放到对应热值范围的气柜中,并将对应热值范围的合成气作为原料气送入化工生产子系统;

化工生产子系统,用于利用热值及组分调节子系统发送来的合成气生产化工产品。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,该系统还包括:

发电子系统,利用热值及组分调节子系统发送来的合成气进行发电。

3. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述煤炭地下气化子系统还包括:

煤炭地下气化设备,用于向气化通道中导入气化剂,使得煤层能充分反应生成粗合成气,并将生成的粗合成气导入净化设备;

净化设备,用于除去所述粗合成气中的杂质,并将净化后的合成气导入热值及组分调节子系统。

4. 如权利要求3所述的系统,其特征在于,所述煤炭地下气化设备还用于在点火之前排出气化通道中的水,并对所述煤层进行部分疏干处理,其中疏干处理的水量为煤层含水量与气化所需水量的差值;

将得到的水导入净化设备和/或化工生产子系统。

5. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述热值及组分调节子系统和化工生产子系统还用于将废气中的二氧化碳导入煤炭地下气化子系统中;

则所述煤炭地下气化子系统将所述二氧化碳作为气化剂,和/或将所述二氧化碳封存在煤层燃烧后形成的空腔中。

6. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述热值及组分调节子系统将对对应热值范围的合成气作为原料气送入化工生产子系统时,包括:

发送到化工生产子系统的合成气则依次通过耐硫变换和脱碳工段调节氢碳比和气液比。

7. 如权利要求2所述的系统,其特征在于,所述化工生产子系统还用于利用化工产品生产过程中产生的余热加热整个系统中产生的废水,生成不同压力等级的蒸汽,并将生成的蒸汽送入蒸汽管网,其中

高压蒸汽送入发电子系统用于发电,中压蒸汽送入热值及组分调节子系统用于合成气的热值及组分调节,低压蒸汽作为气化剂送入煤炭地下气化子系统。

8. 如权利要求7所述的系统,其特征在于,所述发电子系统包括燃气轮机和/或蒸汽轮机;所述燃气轮机,以热值及组分调节子系统发送来的气化煤气为燃料进行发电;所述蒸汽轮机,利用燃气轮机排气产生的水蒸气或化工生产子系统生成高压蒸汽进行发电,其中蒸汽轮机的发电后排出的中压或者低压蒸汽导入煤炭地下气化子系统。

9. 一种煤炭地下气化多联产的方法,其特征在于,包括:

在气化点火后将气化剂注入气化通道与煤层接触,使得煤层与气化剂发生反应生成合成气;

重整所述合成气的组分及热值,根据所述合成气的不同热值将所述合成气存放到对应

热值范围的气柜中；

将对应热值范围的合成气作为原料气进行化工产品生产。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,在重整所述合成气的组分及热值之前进一步包括:对所述合成气进行净化处理。

11. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,还将组分及热值进行重整后的合成气用于发电。

12. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,在气化点火之前进一步包括:排出气化通道中的水,并对所述煤层进行部分疏干处理,其中疏干处理的水量为煤层含水量与气化所需的水量的差值。

13. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,将在重整合成气的组分及热值和利用合成气进行化工生产过程中产生的 CO_2 气体导入气化通道中,并将所述 CO_2 气体作为气化剂与煤层反应,或者

将所述 CO_2 气体封存到煤层燃烧后形成的空腔中。

14. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述将对应热值范围的合成气作为原料气进行化工产品生产包括:

发送到化工生产子系统的合成气则依次通过耐硫变换和脱碳工段调节氢碳比和气液比。

15. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,在利用合成气生产化工产品的过程中还包括:

利用化工产品生产过程中产生的余热加热整个煤炭气化处理过程中产生的废水,并生成不同压力等级的蒸汽;

将生成的蒸汽送入蒸汽管网送入蒸汽管网的蒸汽,其中

高压蒸汽用于发电,中压蒸汽用于合成气的热值及组分调节,低压蒸汽作为气化剂通入气化通道。

16. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,利用合成气进行发电时利用燃气轮机和蒸汽轮机联合循环发电,其中所述燃气轮机以合成气中的气化煤气为燃料进行发电;所述蒸汽轮机则利用燃气轮机排气产生的水蒸气进行发电,并且将发电后排出的中压或者低压蒸汽导入煤炭地下气化子系统。

一种煤炭地下气化多联产系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及煤炭气化领域,尤其涉及一种煤炭地下气化多联产系统和方法。

背景技术

[0002] 世界一次能源(煤炭、石油、天然气等)储量结构中,煤炭占75%,是世界上最丰富的化石燃料。但是随着人类对能源的需求的不断增长,科学技术的进步和主要能源的日益消耗,煤炭将因其储量丰富、成本低廉的优势再次逐渐受到应有的重视。然而,传统的煤炭开采、加工、使用方法,导致煤炭安全事故频出,CO₂大量排放,人类赖以生存的环境遭到严重破坏,而且煤炭资源的综合利用率很低。因此,开发新型煤化工技术,改变传统的煤炭开采和使用方式,高效、清洁、安全地利用包括褐煤在内的丰富煤炭资源,合理的处理煤炭资源燃烧产生的二氧化碳等问题引起人们的广泛关注。

[0003] 煤炭地下气化作为一种煤化工新技术,直接将处于地下的煤炭进行有控制地燃烧,通过对煤的热作用及化学作用产生粗合成气,集建井、采煤、转化工艺为一体的煤炭开发技术,特别适用于用常规方法不可采或开采不经济的煤层,以及煤矿的二次或多次复采,其中具体实施方式为:

[0004] 先将气化通道的注气井一端点燃,然后在气化通道注气井的另一端鼓入气化剂(空气、氧气、水蒸气等),煤层气化过程中按温度及化学反应的不同在气化通道中形成氧化、还原、干燥干馏等三个反应带,经过这三个反应带后,在产气井产出主要含有CO、H₂、CH₄、CO₂等气体成分的粗合成气。虽然煤炭地下气化具有很多优势,但是仍存在如下问题:

[0005] (1) 需要大量的气化剂为煤层的气化提供条件;

[0006] (2) 需要对产生的合成气进行分离。

[0007] 而世界各国相继发展的煤基能源化工产品多联产技术实际是以煤炭为原料,通过多种煤炭转化技术有机集成在一起,同时获得多种高附加值的化工产品(脂肪烃、芳香烃等)、多种洁净的二次能源(气体燃料、液体燃料、电等)及其它产品,在一定程度上达到整个系统的资源利用、总体生产效益的最大化和污染物排放的最小化。在这样一个系统中,电力生产以及供热作为系统基本目的,而产生的煤气则依据不同的条件和需求,可以用于其他不同的用途。通过对热、电以及煤气为原料的其他生产工艺的优化集成,实现煤炭高效低污染的利用。

[0008] 目前,煤炭地下气化虽已证实技术和工程的可行性,但现有的煤炭地下气化技术,无论哪种技术模式都不成熟,在现有技术中地下气化产品延伸开发技术和生产装置落后,下游产品大多设计在初级化工原料阶段,产品延伸开发力度小、品种少、规模小、竞争力低严重影响着煤炭地下气化的产业化发展。而目前的多联产工艺主要是针对常规的气化技术,没有充分考虑煤炭地下气化需要部分疏干煤层附近的地下水、产气热值不稳定、气化后存在很大燃空区等特点。

[0009] 发明内容

[0010] 本发明实施例提供了一种地下气化多联产系统和方法,为煤炭的地下气化生产提

供了一套环保节能的能源系统和方法。

[0011] 本发明实施例所述提供一种煤炭地下气化多联产系统,包括:

[0012] 煤炭地下气化子系统,用于在气化点火后将气化剂注入气化通道,使所述气化剂与气化通道中的煤层发生气化反应生成合成气,并将所述粗合成气导入热值及组分调节子系统;

[0013] 热值及组分调节子系统,用于重整合成气的组分及热值,根据所述合成气的不同热值将所述合成气存放对应热值范围的气柜中,并将对应热值范围的合成气作为原料气送入化工生产子系统;

[0014] 化工生产子系统,用于利用热值及组分调节子系统发送来的合成气生成化工产品。

[0015] 一种煤炭地下气化多联产的方法,包括:

[0016] 在气化点火后将气化剂注入气化通道与煤层接触,使得煤层与气化剂发生反应生成合成气;

[0017] 重整所述合成气的组分及热值,根据所述合成气的不同热值将所述合成气存放对应热值范围的气柜中;

[0018] 将对应热值范围的合成气作为原料气进行化工产品生产。

[0019] 本发明实施例将地下气化生成的合成气通过净化子系统、热值及组分调节子系统、化工生产子系统、发电子系统,使得所述合成气能够合理有效的得到利用,另外还将污染环境的废气、废渣和废水进行再次利用减小对环境的污染。

[0020] 附图说明

[0021] 图 1 为本发明实施例一种煤炭地下气化多联产系统的机构示意图;

[0022] 图 1A 为本发明实施例一种煤炭地下气化多联产系统中煤炭地下气化子系统的结构图;

[0023] 图 2 为本发明实施例一种煤炭地下气化多联产系统中净化子设备的结构示意图;

[0024] 图 3 为本发明实施例中的热值及组分调节子系统对合成气进行热值和组分调节的工艺流程图;

[0025] 图 4 为本发明实施例生产甲醇或甲烷的工艺流程图;

[0026] 图 5 为本发明实施例一种煤炭地下气化多联产的方法的流程图。

[0027] 具体实施方式

[0028] 本发明实施例所提供一种地下气化多联产能源系统主要包括煤炭地下气化子系统,用于在气化点火后将气化剂注入气化通道,使所述气化剂与气化通道中的煤层发生气化反应生成合成气,并将所述粗合成气导入热值及组分调节子系统;热值及组分调节子系统,用于重整合成气的组分及热值,并将重整后的合成气作为原料气送入化工生产子系统;化工生产子系统、用于利用热值及组分调节子系统发送来的合成气生成化工产品。

[0029] 下面结合说明书附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。

[0030] 如图 1 所示,本发明实施例提供一种煤炭地下气化产品的多联产系统,该系统包括煤炭地下气化子系统 101、热值及组分调节子系统 102、化工生产子系统 103、发电子系统 104;

[0031] 煤炭地下气化子系统 101,在煤炭气化点火后将气化剂注入该煤炭地下气化子系

统 101 的气化通道中,所述气化剂与气化通道中的煤层充分反应生成合成气,将所述合成气导入热值及组分调节子系统 102。

[0032] 热值及组分调节子系统 102、用于重整合成气的组分及热值,根据下游工业的生产要求将重整后的合成气导入化工生产子系统 103;

[0033] 另外为了减少 CO₂ 的排放,该热值及组分调节子系统还将从合成气中分离出的部分 CO₂ 导入煤炭地下气化子系统 101 中;

[0034] 化工生产子系统 103、用于利用热值及组分调节子系统发送来的合成气生成化工产品。

[0035] 为了不污染环境和防止地面坍塌,还将产生的废渣回填到煤炭地下气化子系统 101 煤层燃烧后留下的燃空区中。

[0036] 为了提供生成的合成气的利用率,减少环境污染,本发明实施例所提供的一种煤炭地下气化多联产系统还包括发电子系统 104:

[0037] 发电子系统 104,利用热值及组分调节子系统 102 发送来的原料气进行发电。

[0038] 本发明实施例中的发电子系统可以为燃气和蒸汽联合循环发电系统,燃气轮机以热值及组分调节子系统 102 发送来的气化煤气为燃料,蒸汽轮机则利用燃气轮机排气产生的水蒸气和 / 或化工生产子系统 103 蒸汽管网中的高压蒸汽进行发电,所述高压蒸汽冷却之后导回到煤炭地下气化子系统中,其中蒸汽轮机的发电后排除的中压或者低压蒸汽导入煤炭地下气化子系统。

[0039] 为了有效的利用系统中的资源,以及环境保护所述化工生产子系统 103 还用于利用化工产品生产过程中产生的余热加热整个系统中的废水和废气,生成不同压力等级的蒸汽,然后将生成的蒸汽送入蒸汽管网,高压蒸汽通入发电子系统进行发电,中压蒸汽通入热值及组分调节子系统用于调节合成气组分工段,低压蒸汽作为地下气化气化剂通入到地下气化子系统;

[0040] 在本发明实施例所提供的一种煤炭地下气化多联产系统中,各子系统之间通过导气管道连接。

[0041] 如图 1A 所示的,在本发明实施例所述的煤炭地下气化子系统 101 还包括煤炭地下气化设备 101A 和净化设备 101B:

[0042] 煤炭地下气化设备 101A,用于向气化通道中导入气化剂,使得煤层能充分反应生成粗合成气,并将生成的粗合成气导入净化设备 101B 中。

[0043] 净化设备 101B,用于除去所述粗合成气中的灰分、硫、氧、氯、重金属等杂质,并将该子系统产生的废渣回填到煤层燃烧后的燃空区中。

[0044] 另外,为了保证地下气化反应的顺利进行,在气化点火之前所述煤炭地下气化设备 101A 还用于排出气化通道中的水,并对煤层进行部分疏干处理,其中疏干处理的水量为煤层含水量与气化所需水量的差值;

[0045] 进一步,煤炭地下气化设备 101A 还将上述过程中得到的水以及煤层气化反应过程中排出的水导入净化设备 101B 和 / 或化工生产子系统 103。

[0046] 另外,在煤炭地下气子系统 101 中有三个反应区域,具体包括:

[0047] 在点火后气化剂由进气孔持续导入系统中,在该子系统的气化通道内气化剂与煤接触,迅速发生氧化反应,产生大量的热,这一区域被称为氧化区,主要氧化反应包括:

[0048] $C+O_2 \rightarrow CO_2+394.1kJ/mol$

[0049] $2C+O_2 \rightarrow 2CO+231.4kJ/mol$

[0050] $2CO+O_2 \rightarrow 2CO_2+571.2kJ/mol$

[0051] 在本发明是实施例中,可以根据所需煤气的用途及技术经济指标采用不同的气化剂,气化剂可以是空气(或富氧、纯氧)、水蒸气(或氢气、二氧化碳),如空气-水蒸汽、富氧-水蒸汽、纯氧-水蒸汽、纯氧-二氧化碳或氢气等。

[0052] 随着氧化反应的发生,氧气慢慢耗尽,进入还原区(该区域中的反应温度为 $600 \sim 1200^\circ C$),在该区域中二氧化碳(包括氧化区生成的 CO_2 和外界注入的 CO_2)与热焦接触,被还原成一氧化碳;水蒸汽与热焦反应,生成一氧化碳和氢气,主要还原反应包括:

[0053] $C+CO_2 \rightarrow 2CO-162.4kJ/mol$

[0054] $C+H_2O \rightarrow CO+H_2-135.0kJ/mol$

[0055] $CO+H_2O \rightarrow CO_2+H_2+38.4kJ/mol$

[0056] $C+2H_2 \rightarrow CH_4+84.3kJ/mol$

[0057] 还原反应为吸热反应,该吸热反应使气化通道温度降低,当温度降低到不能再进行上述还原反应时(温度 $< 600^\circ C$),还原区的气化反应结束;

[0058] 由于温度在 $150 \sim 200^\circ C$ 时,吸附在煤中的甲烷、二氧化碳和氮气等气体析出; $200^\circ C$ 以上时发生有机质分解, $300^\circ C$ 左右会发生热解反应,生成大量的挥发物(煤气及焦油),在这一区域可以析出干馏煤气因此被称为干馏干燥区。

[0059] 经过上述三个反应区后,煤炭地下气化子系统 101 中形成的产物主要为可燃组分(CO 、 H_2 、 CH_4 等)的煤气。

[0060] 如图 2 所示,在合成气净化设备 101B 中还包括缓冲罐 201、旋风分离器 202、洗气塔 203、电捕焦油器 204、焦炭过滤器 205、脱硫塔 206,粗合成气通过净化设备 101B 进行气体净化处理的工艺流程包括:

[0061] 从煤炭地下气化设备 101A 导出的粗合成气依次进入净化设备 101B 的缓冲罐 201、旋风分离器 202 和洗气塔 203,其中缓冲罐 201 用于分离粗合成气中大颗粒的杂质,并通过缓冲罐的缓冲作用初步稳定合成气的压力和流量,缓冲后的煤气经减压阀减至常压后进入旋风分离器 202 进行一级除尘;灰尘在离心力的作用下落至分离器底部经排灰管排出,经粗除尘的气体自旋风分离器中心管引出,进入洗气塔 203,进入洗气塔 203 的气体与洗气塔 203 上部多个喷头喷洒出来的循环水逆流接触,进行降温除尘。然后合成气被导入电捕焦油器 204 除去焦油,通过焦炭过滤器 205 除去重金属,最后进入脱硫塔 206 进行脱硫,得到含杂质较少的合成气。

[0062] 如图 3 所示,本发明实施例中的热值及组分调节子系统 102 对合成气进行热值和组分调节的工艺流程包括:

[0063] 合成气净化后,根据热值的不同进入不同热值范围的气柜中得到生产下游化工产品所需的合成气以及发电所需热值范围的合成气,并将用于发电的合成气导入发电子系统;

[0064] 为了便于化工生产子系统的产品生产,热值及组分调节子系统 102 还将生产化工产品的合成气做进一步的处理,首先通过耐硫变换调节合成气中的氢碳比,然后通过脱碳工段调节合成气的气液比,最终输出达到下游工业生产热值以及组分要求的原料气。

[0065] 如图 4 所示,如果下游化工产品为甲醇或甲烷,则化工生产子系统 103 生产甲醇或甲烷的生产工艺流程包括:

[0066] 将合成气压缩到 10 ~ 13MPa 并进行油分后,在甲醇塔中的甲触媒上合成甲醇,从甲醇塔中导出的合成气经过换热后冷却,分离出粗甲醇,换热过程中使用得到的余热用于生产蒸汽,送入蒸汽管网,分离出甲醇后的弛放气可以进入甲烷化炉反应生产甲烷。

[0067] 如图 5 所示,本发明实施例还提供一种煤炭地下气化多联产的方法,具体包括:

[0068] 步骤 501,在点火后将气化剂注入气化通道与气化通道中的煤层接触,使得煤层与气化剂充分反应生成合成气;

[0069] 为了保证地下气化反应的顺利进行,在气化点火之前进一步包括:排出气化通道中的水,并对所述煤层进行部分疏干处理,其中疏干处理的水量为煤层含水量与气化所需的水量的差值,将得到的水用于化工生产和 / 或合成气的净化。

[0070] 在点火后将气化剂由进气孔导入气化通道中,在该子系统的气化通道内气化剂与煤接触,迅速发生氧化反应,并产生大量的热。

[0071] 其中,在选用气化剂时可以根据所需煤气的用途以及技术经济指标采用不同的气化剂,气化剂可以是空气(或富氧、纯氧)、水蒸气(或氢气、二氧化碳),如空气-水蒸汽、富氧-水蒸汽、纯氧-水蒸汽、纯氧-二氧化碳或氢气等。

[0072] 随着氧化反应的发生,氧气慢慢耗尽,进入还原区(该区域中的反应温度为 600 ~ 1200℃),在该区域中二氧化碳(包括氧化区生成的 CO₂ 和合成气在后续处理中分离出来的 CO₂)与热焦接触,被还原成一氧化碳;水蒸汽与热焦反应,生成一氧化碳和氢气,

[0073] 还原反应为吸热反应,该吸热反应使气化通道温度降低,当温度降低到不能再进行上述还原反应时(温度 < 600℃),还原区的气化反应结束;

[0074] 由于温度在 150 ~ 200℃ 时,吸附在煤中的甲烷、二氧化碳和氮气等气体析出;200℃ 以上时发生有机质分解,300℃ 左右会发生热解反应,生成大量的挥发物(煤气及焦油),在这一区域可以析出干馏煤气因此被称为干馏干燥区。

[0075] 经过上述三个反应区后,气化通道中形成的产物主要为可燃组分(CO、H₂、CH₄ 等)的煤气。

[0076] 为了保证合成气的有效利用和化工产品的生产,本发明实施例所提供的方法还可以包括步骤 502:

[0077] 步骤 502,对所述合成气进行净化处理,除去合成气中的灰分、硫、氧、氯、重金属等杂质。

[0078] 步骤 503,重整合成气的组分及热值,重整后的合成气作为化工生产的原料气和 / 或发电工业的原料气;

[0079] 其中重整所述合成气的组分及热值包括:

[0080] 首先根据所述合成气的不同热值将所述合成气存放对应热值范围的气柜中;

[0081] 然后根据化工生产的需求将用于化工生产的合成气依次通过耐硫变换和脱碳工段调节合成气氢碳比和气液比。

[0082] 步骤 504,利用组分及热值进行重整后的合成气进行化工产品生产和 / 或发电。

[0083] 在本发明实施例所提供的方法中,根据生成的合成气的量以及工业应用的需要有选择性的将合成气用于化工生产和 / 或发电。

[0084] 在化工产品的生产过程中,还利用生产过程中产生的余热加热气化通道中排出的水,并得到不同压力等级的蒸汽,将不同等级的蒸汽送入蒸汽管网,高压蒸汽通入发电设备用于发电,中压蒸汽作为正常工作所需的蒸汽热值及组分调节时作为耐硫变换工段的正常工作所需的蒸汽,低压蒸汽作为地下气化气化剂通入气化通道,产生的废渣回填到煤层燃烧后余下的燃空区中。

[0085] 另外,本发明实施例利用合成气进行发电时,利用燃气和蒸汽联合循环发电,其中燃气轮机和蒸汽轮机的工作流程包括:

[0086] 所述燃气轮机以合成气中的气化煤气为燃料进行发电;

[0087] 蒸汽轮机则利用燃气轮机排气产生的水蒸气和/或化工生产过程中的余热所形成的高压蒸汽进行发电。

[0088] 在本发明实施例所提供的方法中,还将重整合成气的组分及热值时候分离出的CO₂气体或化工生产中产生的CO₂气体导入气化通道中,其中该CO₂气体分别用于:

[0089] 将所述CO₂气体作为气化剂返回气化通道,与炙热的煤层发生反应转化成一氧化碳;

[0090] 另外,在煤炭地下气化结束时,将一定量的CO₂气体封存到燃烧区形成的空腔中,这样大大减少了二氧化碳气体的排放。

[0091] 利用本发明实施例所提供的方法和系统在保证地下气化顺利进行的同时,还通过抽取的地下水作为发电或工业生产的用水来源;另外发电或工业生产过程中产生的废水通过回收余热换热生产不同压力等级的蒸汽,进入不同品位等级的蒸汽管网,进行合理利用。

[0092] 在合成气净化过程中脱碳产生的CO₂可以作为煤炭地下气化的气化剂提高一氧化碳的生成量或者将CO₂封存于地下气化产生的燃空区内,大大减少温室气体排放。

[0093] 废渣可以回填到地下,既环保还可以防止地表塌陷;

[0094] 系统中的废水可以被整个工段产生的余热或者锅炉加热变为水蒸气,分别用于发电、地下气化气化剂、驱动透平进行空分等。

[0095] 本发明所述的方法并不限于具体实施方式中所述的实施例,本领域技术人员根据本发明的技术方案得出其它的实施方式,同样属于本发明的技术创新范围。显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

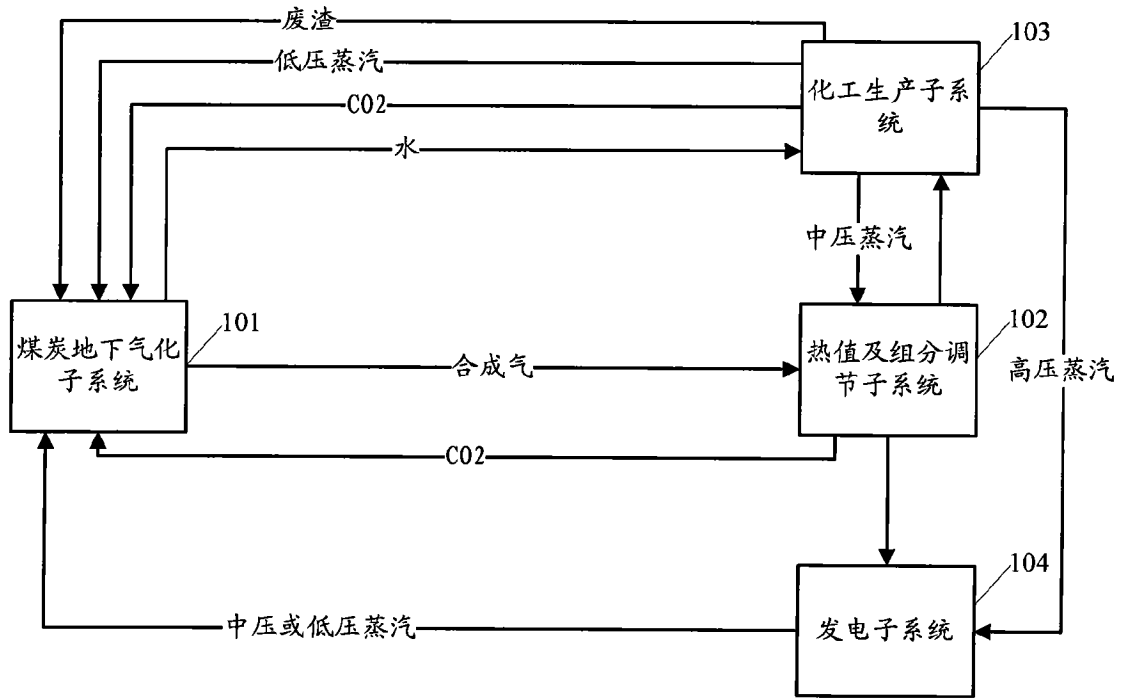


图 1

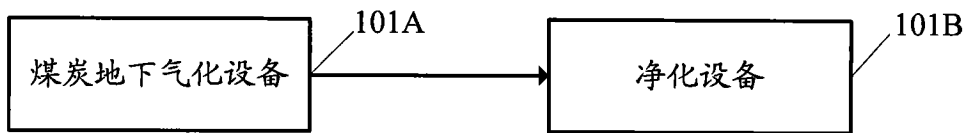


图 1A

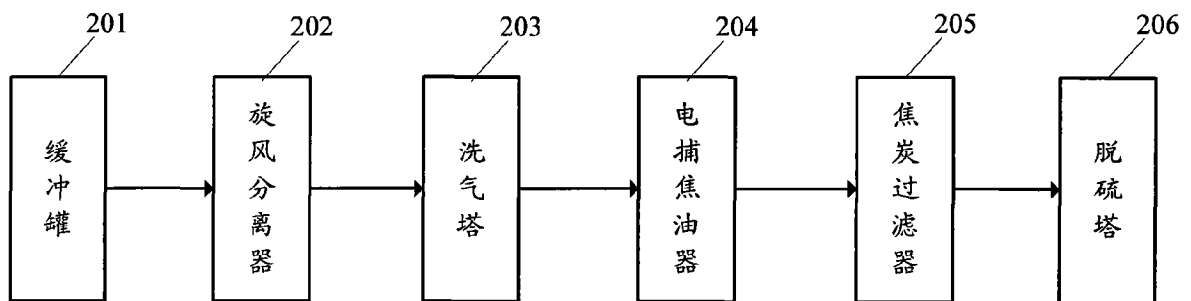


图 2

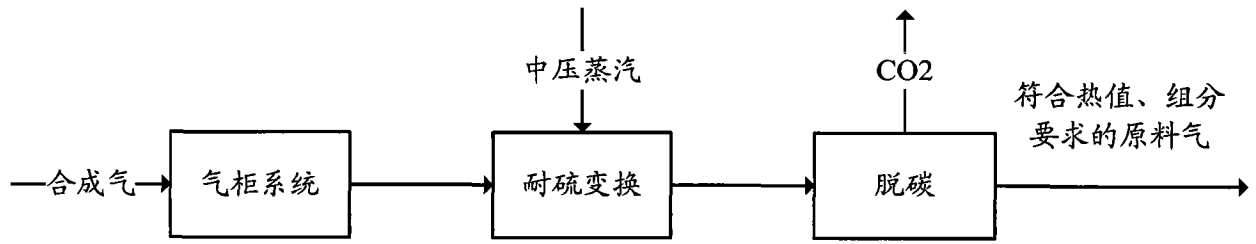


图 3

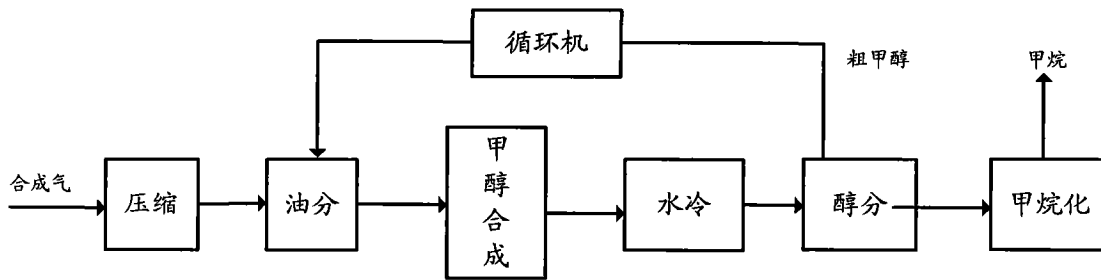


图 4

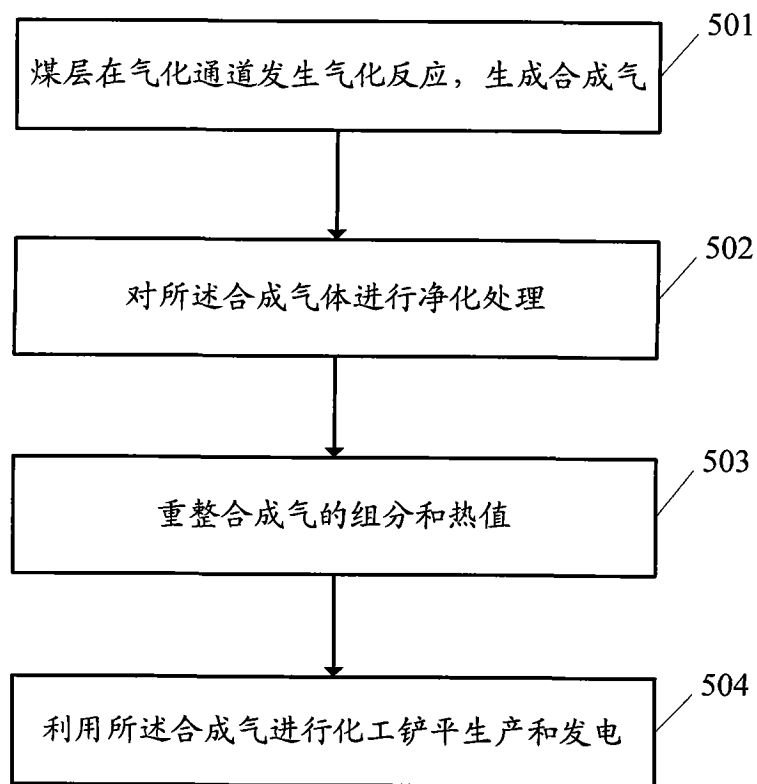


图 5