



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210915955 U

(45)授权公告日 2020.07.03

(21)申请号 201920906443.5

(22)申请日 2019.06.14

(73)专利权人 林千果

地址 北京市昌平区高教园北4街5号院5号楼14层1401

(72)发明人 林千果

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

代理人 白雪

(51)Int.Cl.

C10K 1/00(2006.01)

C10K 1/32(2006.01)

B01D 53/22(2006.01)

B01D 53/047(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

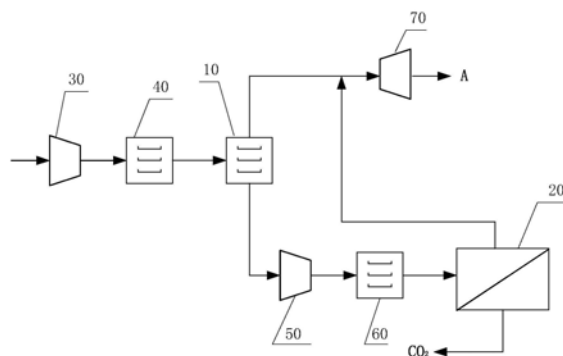
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

## (54)实用新型名称

提高高炉煤气燃烧热值的装置

## (57)摘要

本实用新型提供了一种提高高炉煤气燃烧热值的装置。该装置包括CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元和CO<sub>2</sub>膜分离单元,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元设置有高炉煤气进口、二氧化碳脱除气出口和二氧化碳富集气出口,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元用于对高炉煤气进行二氧化碳变压吸附分离;CO<sub>2</sub>膜分离单元设置有二氧化碳富集气进口和CO<sub>2</sub>产品气出口,二氧化碳富集气进口与二氧化碳富集气出口相连。利用本实用新型上述装置处理高炉煤气,能够更有效地分离煤气中的二氧化碳,尤其是分离其中的二氧化碳和氢气,既能够更有效地富集二氧化碳,又能够明显提高高炉煤气的燃烧热值。



1. 一种提高高炉煤气燃烧热值的装置,其特征在于,包括:

CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元(10),设置有高炉煤气进口、二氧化碳脱除气出口和二氧化碳富集气出口,所述CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元(10)用于对所述高炉煤气进行二氧化碳变压吸附分离;以及

CO<sub>2</sub>膜分离单元(20),设置有二氧化碳富集气进口和CO<sub>2</sub>产品气出口,所述二氧化碳富集气进口与所述二氧化碳富集气出口相连。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述装置还包括第一压缩单元(30),所述第一压缩单元(30)设置在所述高炉煤气进口所在的进气管路上,用于对所述高炉煤气进行压缩。

3. 根据权利要求2所述的装置,其特征在于,所述装置还包括第一气体处理单元(40),所述第一气体处理单元(40)设置在所述第一压缩单元(30)与所述高炉煤气进口相连的管路上,用于去除压缩后的所述高炉煤气中的固体杂质和液体杂质。

4. 根据权利要求3所述的装置,其特征在于,所述第一气体处理单元(40)包括依次串联设置的第一冷却机、第一除雾器及第一过滤器。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的装置,其特征在于,所述装置还包括第二压缩单元(50),所述第二压缩单元(50)设置在所述二氧化碳富集气进口与所述二氧化碳富集气出口相连的管路上,用于对所述二氧化碳富集气出口排出的二氧化碳富集气进行压缩。

6. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述装置还包括第二气体处理单元(60),所述第二气体处理单元(60)设置在所述第二压缩单元(50)和所述二氧化碳富集气进口相连的管路上,用于去除压缩后的所述二氧化碳富集气中的水分。

7. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述第二气体处理单元(60)包括依次串联设置的第二冷却机、第二除雾器及第二过滤器,或者,所述第二气体处理单元(60)为脱水装置。

8. 根据权利要求1至4中任一项所述的装置,其特征在于,所述装置还包括压力能回收单元(70),所述压力能回收单元(70)与所述二氧化碳脱除气出口相连,用于回收所述二氧化碳脱除气出口排出的气体的压力能。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述CO<sub>2</sub>膜分离单元(20)还设置有高压非渗透气出口,所述高压非渗透气出口与压力能回收单元(70)的进口相连。

## 提高高炉煤气燃烧热值的装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及烟气处理技术领域,具体而言,涉及一种提高高炉煤气燃烧热值的装置。

### 背景技术

[0002] 高炉煤气作为许多工业生产的副产尾气,排放量巨大,其主要成分为CO、H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>。其中CO<sub>2</sub>的浓度较高,影响了高炉煤气的燃烧热值,且不利于降低CO<sub>2</sub>排放。基于提高高炉煤气热值以及减少CO<sub>2</sub>排放的目的,通常需要对高炉煤气中的CO<sub>2</sub>进行分离捕集。

[0003] 高炉煤气中捕集CO<sub>2</sub>的方法目前主要为膜分离法,但是目前的膜分离法无法有效分离高炉烟气中的CO<sub>2</sub>和氢气。尤其是当煤气中的氢气浓度较高和CO<sub>2</sub>浓度较低时,存在着氢气富集程度低的问题,导致高炉煤气的燃烧热值较低,限制了其实际应用。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型的主要目的在于提供一种提高高炉煤气燃烧热值的装置,以解决现有技术中高炉煤气中的CO<sub>2</sub>和氢气分离困难,导致煤气的燃烧热值难以提高、二氧化碳富集程度低的问题。

[0005] 为了实现上述目的,根据本实用新型的一个方面,提供了一种高炉煤气的处理的装置,其包括:CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元,设置有高炉煤气进口、二氧化碳脱除气出口和二氧化碳富集气出口,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元用于对高炉煤气进行二氧化碳变压吸附分离;以及CO<sub>2</sub>膜分离单元,设置有二氧化碳富集气进口和CO<sub>2</sub>产品气出口,二氧化碳富集气进口与二氧化碳富集气出口相连。

[0006] 进一步地,装置还包括第一压缩单元,第一压缩单元设置在高炉煤气进口所在的进气管路上,用于对高炉煤气进行压缩。

[0007] 进一步地,装置还包括第一气体处理单元,第一气体处理单元设置在第一压缩单元与高炉煤气进口相连的管路上,用于去除压缩后的高炉煤气中的固体杂质和液体杂质。

[0008] 进一步地,第一气体处理单元包括依次串联设置的第一冷却机、第一除雾器及第一过滤器。

[0009] 进一步地,装置还包括第二压缩单元,第二压缩单元设置在二氧化碳富集气进口与二氧化碳富集气出口相连的管路上,用于对二氧化碳富集气出口排出的二氧化碳富集气进行压缩。

[0010] 进一步地,装置还包括第二气体处理单元,第二气体处理单元设置在第二压缩单元和二氧化碳富集气进口相连的管路上,用于去除压缩后的二氧化碳富集气中的水分。

[0011] 进一步地,第二气体处理单元包括依次串联设置的第二冷却机、第二除雾器及第二过滤器,或者,第二气体处理单元为脱水装置。

[0012] 进一步地,装置还包括压力能回收单元,压力能回收单元与二氧化碳脱除气出口相连,用于回收二氧化碳脱除气出口排出的气体的压力能。

[0013] 进一步地,CO<sub>2</sub>膜分离单元还设置有高压非渗透气出口,高压非渗透气出口与压力能回收单元的进口相连。

[0014] 本实用新型提供了一种提高高炉煤气燃烧热值的装置,其包括CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元和CO<sub>2</sub>膜分离单元,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元设置有高炉煤气进口、二氧化碳脱除气出口和二氧化碳富集气出口,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元用于对高炉煤气进行二氧化碳变压吸附分离;CO<sub>2</sub>膜分离单元设置有二氧化碳富集气进口和CO<sub>2</sub>产品气出口,二氧化碳富集气进口与二氧化碳富集气出口相连。

[0015] 利用本实用新型上述装置处理高炉煤气,能够更有效地分离煤气中的二氧化碳,尤其是分离其中的二氧化碳和氢气,既能够更有效地富集二氧化碳,有能够明显提高高炉煤气的燃烧热值。

### 附图说明

[0016] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本实用新型的进一步理解,本实用新型的示意性实施例及其说明用于解释本实用新型,并不构成对本实用新型的不当限定。在附图中:

[0017] 图1示出了根据本实用新型一种实施例的提高高炉煤气燃烧热值的装置示意图。

[0018] 其中,上述附图包括以下附图标记:

[0019] 10、CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元;20、CO<sub>2</sub>膜分离单元;30、第一压缩单元;40、第一气体处理单元;50、第二压缩单元;60、第二气体处理单元;70、压力能回收单元。

### 具体实施方式

[0020] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本实用新型。

[0021] 以下结合具体实施例对本申请作进一步详细描述,这些实施例不能理解为限制本申请所要求保护的范。

[0022] 正如背景技术部分所描述的,现有技术中高炉煤气中的CO<sub>2</sub>和氢气分离困难,导致煤气的燃烧热值难以提高、二氧化碳富集程度低。

[0023] 为了解决上述问题,本实用新型提供了一种提高高炉煤气燃烧热值的装置,如图1所示,其包括CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10和CO<sub>2</sub>膜分离单元20,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10设置有高炉煤气进口、二氧化碳脱除气出口和二氧化碳富集气出口,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10用于对高炉煤气进行二氧化碳变压吸附分离;CO<sub>2</sub>膜分离单元20,设置有二氧化碳富集气进口和CO<sub>2</sub>产品气出口,二氧化碳富集气进口与二氧化碳富集气出口相连。

[0024] 不同于传统的膜分离法,本实用新型采用了膜分离和变压吸附分离相结合的装置处理高炉煤气。具体地:

[0025] 利用CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10可以对高炉煤气中的CO<sub>2</sub>进行变压吸附分离,由于H<sub>2</sub>的吸附性能差,所以可以将CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>有效分离。CO<sub>2</sub>和少量N<sub>2</sub>和CO一起通过CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10的分离膜,形成了二氧化碳富集气。H<sub>2</sub>和大部分N<sub>2</sub>、CO一起组成了二氧化碳脱除气A。由于CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>的有效分离,使得二氧化碳脱除气A中的H<sub>2</sub>浓度较高,因此具有较高的燃烧热值。其次,二氧化碳富集气进入CO<sub>2</sub>膜分离单元20进行进一步富集,CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>、CO进一步分开,形成

了纯度较高的CO<sub>2</sub>产品气。

[0026] 基于以上原因,利用本实用新型上述装置处理高炉煤气,能够更有效地分离煤气中的二氧化碳,尤其是分离其中的二氧化碳和氢气,既能够更有效地富集二氧化碳,又能够明显提高高炉煤气的燃烧热值。

[0027] 在一种优选的实施方式中,CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10包括CO<sub>2</sub>变压吸附单元和CO<sub>2</sub>解吸单元,CO<sub>2</sub>变压吸附单元用于对CO<sub>2</sub>进行变压吸附,CO<sub>2</sub>解吸单元用于对吸附二氧化碳后的吸附剂进行解吸。具体的解吸方式可以为抽真空等方式。

[0028] 在一种优选的实施方式中,CO<sub>2</sub>膜分离单元20中的膜组件可以选自中空纤维膜、卷式膜或板式膜。具体的膜材料可以采用本领域常用的膜材料。

[0029] 在一种优选的实施方式中,上述装置还包括第一压缩单元30,第一压缩单元30设置在高炉煤气进口所在的进气管路上,用于对高炉煤气进行压缩。利用第一压缩单元30能够为CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10的CO<sub>2</sub>变压吸附进一步提供压力条件。更优选地,上述装置还包括第二压缩单元50,第二压缩单元50设置在二氧化碳富集气进口与二氧化碳富集气出口相连的管路上,用于对二氧化碳富集气出口排出的二氧化碳富集气进行压缩。利用第二压缩单元50能够为CO<sub>2</sub>膜分离单元20的CO<sub>2</sub>渗透进一步提供压力驱动。且需要说明的是,相比于在渗透侧利用抽真空或吹扫减压的方法,本实用新型利用第二压缩单元50能够提供足够的压力差,以驱动足够多的CO<sub>2</sub>透过膜,特别是聚合物分离膜,从而进一步提高CO<sub>2</sub>的捕集回收率。

[0030] 高炉煤气中除了CO、H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>之外,还携带有一些固体杂质(颗粒物)和液体杂质(水分),为了减少这些固体杂质和液体杂质对CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10的CO<sub>2</sub>变压吸附造成影响,并进一步提高二氧化碳脱除气的燃烧热值,在一种优选的实施方式中,上述装置还包括第一气体处理单元40,第一气体处理单元40设置在第一压缩单元30与高炉煤气进口相连的管路上,用于去除压缩后的高炉煤气中的固体杂质和液体杂质。

[0031] 在一种实施方式中,可以利用过滤器去除烟气中的固体杂质和液体杂质。更优选地,第一气体处理单元40包括依次串联设置的第一冷却机、第一除雾器及第一过滤器。利用第一冷却机可以将高炉煤气中的液体进一步冷凝出来,然后经第一除雾器去除其中可冷凝的液沫、雾滴及可能被夹带的固体粒子,最后再利用第一过滤器可以进一步除去烟气中可能夹带的细微液体等有害杂质。同时,设置第一冷却机还有利于控制煤气温度,以进一步提高CO<sub>2</sub>变压吸附分离单元10的运行稳定性。

[0032] 在一种优选的实施例中,第一气体处理单元40还包括换热器,换热器设置有待加热进口和待加热出口,待加热进口与第一过滤器的出口相连,且待加热出口与高炉煤气进口相连。这样可以将去除杂质后的高炉煤气在换热器中进行热交换而被加热,使其远离露点并恒定系统的操作温度。

[0033] 在一种优选的实施方式中,上述装置还包括第二气体处理单元60,第二气体处理单元60设置在第二压缩单元50和二氧化碳富集气进口相连的管路上,用于去除压缩后的二氧化碳富集气中的水分。这样有利于进一步提高CO<sub>2</sub>膜分离单元20的运行稳定性。优选地,第二气体处理单元60包括依次串联设置的第二冷却机、第二除雾器及第二过滤器,或者,第二气体处理单元60为脱水装置。第二冷却机、第二除雾器及第二过滤器与前文第一冷却机、第一除雾器及第一过滤器具有类似作用。也可以利用脱水装置去除二氧化碳富集气中的水分。

[0034] 同理,优选第二气体处理单元60还包括换热器,换热器设置有待加热进口和待加热出口,待加热进口与第二过滤器的出口相连,且待加热出口与CO<sub>2</sub>膜分离单元20的二氧化碳富集气进口相连。

[0035] 经CO<sub>2</sub>变压吸附分离处理后,二氧化碳脱除气本身具有一定的压力能,为了回收压力能,节约能耗,在一种优选的实施方式中,上述装置还包括压力能回收单元70,压力能回收单元70与二氧化碳脱除气出口相连,用于回收二氧化碳脱除气出口排出的气体的压力能。实际运用中,可以通过钢铁厂已有的TRT能量回收系统或是基于膨胀做功原理的装置作为上述压力能回收单元80。

[0036] 优选地,CO<sub>2</sub>膜分离单元20还设置有高压非渗透气出口,高压非渗透气出口与压力能回收单元70的进口相连。CO<sub>2</sub>膜分离单元20分离出的高压非渗透气中含有部分CO和N<sub>2</sub>,将其与二氧化碳脱除气一起经过压力能回收后,形成了燃烧热值更高的产品气。

[0037] 根据本实用新型的另一方面,还提供了一种提高高炉煤气燃烧热值的方法,其包括以下步骤:对高炉煤气进行二氧化碳变压吸附分离,得到二氧化碳脱除气和二氧化碳富集气;对二氧化碳富集气进行CO<sub>2</sub>膜分离处理,得到CO<sub>2</sub>产品气。利用本实用新型上述方法处理高炉煤气,能够更有效地分离煤气中的二氧化碳,尤其是分离其中的二氧化碳和氢气,既能够更有效地富集二氧化碳,且能够明显提高高炉煤气的燃烧热值。

[0038] 为了进一步提高二氧化碳变压吸附分离的效果,在一种优选的实施方式中,二氧化碳变压吸附分离的步骤中,工艺条件如下:处理温度为-10~160℃,吸附压力为绝压0.10~1.50MPa(A),吸附剂为分子筛、硅胶、活性炭及其改性吸附剂中的一种或多种。优选地,二氧化碳变压吸附分离的步骤包括:利用上述吸附剂在上述工艺条件下对高炉煤气进行二氧化碳变压吸附,得到二氧化碳脱除气和吸附有二氧化碳的吸附剂;在抽真空的状态下,解吸上述吸附有二氧化碳的吸附剂,得到第二二氧化碳富集气。

[0039] 在一种优选的实施方式中,在进行二氧化碳变压吸附分离的步骤之前,方法还包括对高炉煤气进行第一次压缩的步骤;优选地,第一次压缩的步骤中,使气体压力为0.10~1.50MPa(A)。这样能够为CO<sub>2</sub>变压吸附进一步提供压力条件。在一种优选的实施方式中,在进行CO<sub>2</sub>膜分离处理的步骤之前,方法还包括对二氧化碳富集气进行第二次压缩的步骤;优选地,第二次压缩的步骤中,使气体压力大于0.11MPa(A)。这能够为CO<sub>2</sub>渗透进一步提供压力驱动。且需要说明的是,相比于利用抽真空或吹扫减压的方法,本实用新型利用第二次压缩能够提供足够的压力差,以驱动足够多的CO<sub>2</sub>透过膜,特别是聚合物分离膜,从而进一步提高CO<sub>2</sub>的捕集回收率。

[0040] 在一种优选的实施方式中,第一次压缩的步骤之后,方法还包括去除压缩后的高炉煤气中的固体杂质和液体杂质的步骤;优选地,去除压缩后的高炉煤气中的固体杂质和液体杂质的步骤包括:对压缩后的高炉煤气依次进行冷却、除雾及过滤。通过除雾可以将煤气中可冷凝的液沫、雾滴及可能被夹带的固体粒子去除。然后通过过滤处理能够进一步除去煤气中可能夹带的细微液体等有害杂质。总之,利用上述方式能够更为充分地去除煤气中的液体杂质、固体颗粒等杂质,提高后续的分选效果。

[0041] 在一种优选的实施方式中,第二次压缩的步骤之后,方法还包括去除压缩后的二氧化碳富集气中水分的步骤;优选地,去除压缩后的二氧化碳富集气中水分的步骤包括:依次对压缩后的二氧化碳富集气进行冷却、除雾及过滤,或者,对压缩后的二氧化碳富集气进

行脱水处理。

[0042] 经CO<sub>2</sub>变压吸附分离处理后,二氧化碳脱除气本身具有一定的压力能,为了回收压力能,节约能耗,在一种优选的实施方式中,在得到二氧化碳脱除气的步骤之后,方法还包括回收二氧化碳脱除气的压力能的步骤;优选地,CO<sub>2</sub>膜分离处理的步骤中还得到了高压非渗透气,方法还包括将高压非渗透气与二氧化碳脱除气一起进行压力能回收的步骤。实际运用中,可以通过钢铁厂已经有的TRT能量回收系统或是基于膨胀做功原理的装置回收二氧化碳脱除气中的压力能。

[0043] 以下通过实施例进一步说明本实用新型的有益效果:

[0044] 实施例1

[0045] 对某钢铁厂高炉烟气进行测试,衡算本实用新型图1中所示的装置对于高炉煤气中低浓度CO<sub>2</sub>工艺的捕集,以及氢气等其他气体的处理效果。

[0046] 其中,二氧化碳膜分离单元中采用聚合物分离膜。该聚合物为聚酰亚胺(PI);二氧化碳变压吸附分离的步骤中,工艺条件如下:处理温度为30摄氏度,处理压力为0.50MPa(A),吸附剂为硅胶。

[0047] 物料衡算结果如表1所示:

[0048] 表1

[0049]

成分 (mol%)	原料气	第一压缩机出口	变压吸附非吸附气出口	变压吸附吸附解吸气出口	膜分离单元压缩机出口	膜分离器渗透气出口	膜分离器非渗透气出口
CO	21.86	21.86	26.95	19.32	19.32	0.30	29.97
CO <sub>2</sub>	25.70	25.70	4.79	45.44	45.44	97.11	6.70
H <sub>2</sub>	2.96	2.96	4.50	0.08	0.08	0.05	0.05
N <sub>2</sub>	49.24	49.24	68.06	27.07	27.07	0.33	26.01
压力 (MPa (A))	0.11	0.60	0.50	0.11	0.90	0.11	0.80
流量 (Nm <sup>3</sup> /h)	10000	8854	4522	4332	4332	699	3702

[0050] 由表1可知,当处理的烟道气流量为10000Nm<sup>3</sup>/h,CO<sub>2</sub>含量为25.70%,CO含量21.86%,H<sub>2</sub>含量2.96%,时,本实施例中的工艺获得的CO<sub>2</sub>膜分离单元渗透气(产品气)流量为699Nm<sup>3</sup>/h,CO<sub>2</sub>含量为97.11%。CO的浓度21.86%提升到29.97%,氢气的浓度从2.96%提升4.50%,捕集CO<sub>2</sub>和提升高炉煤气的燃烧热值。

[0051] 以上所述仅为本实用新型的优选实施例而已,并不用于限制本实用新型,对于本领域的技术人员来说,本实用新型可以有各种更改和变化。凡在本实用新型的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

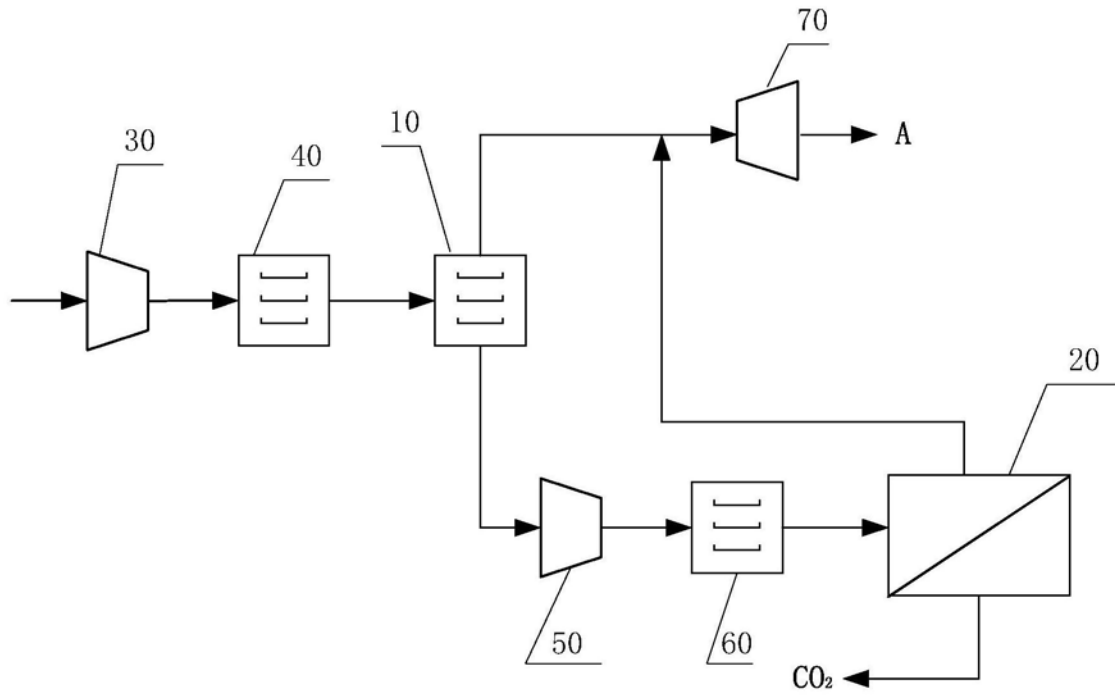


图1