



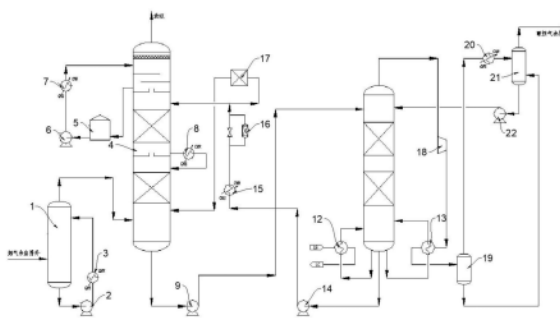
(45) 授权公告日 2022.09.27

C01B 32/50 (2017.01)

B01B 1/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

本实用新型提供了一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,涉及CO₂捕集技术领域,该CO₂捕集系统,包括吸收塔与富液泵,吸收塔内设有用于吸收原料气中CO₂的吸收剂,吸收塔底部与再生塔连通,吸收塔与再生塔之间物料输送阻力由富液泵克服,再生塔顶部出口端连接有蒸汽压缩机,蒸汽压缩机输出端连接有再沸器Ⅱ,蒸汽压缩机将再生塔产生的酸性气加压后用于加热再沸器Ⅱ,再沸器Ⅱ输出端与分离设备连接;通过蒸汽压缩机对再生塔产生的酸性气加压,使其压力和温度上升,把增加了热焓的蒸汽送到再沸器Ⅱ的加热室当作加热蒸汽使用,相比现有技术将蒸汽转换为电能,再将转换电能用于整个系统的运行,本方案蒸汽热能利用率更高,使再生能耗相对传统工艺更低。



1. 一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,包括吸收塔(4)与富液泵(9),所述吸收塔(4)内设有用于吸收原料气中CO₂的吸收剂,其特征在于,所述吸收塔(4)底部与再生塔(11)连通,所述吸收塔(4)与再生塔(11)之间物料输送阻力由富液泵(9)克服,所述再生塔(11)顶部出口端连接有蒸汽压缩机(18),所述蒸汽压缩机(18)输出端连接有再沸器Ⅱ(13),所述蒸汽压缩机(18)将再生塔(11)内产生的酸性气加压后用于加热再沸器Ⅱ(13),所述再沸器Ⅱ(13)输入端与再生塔(11)连通,所述再沸器Ⅱ(13)输出端与分离设备连接,分离设备将酸性气体中的水分与CO₂分离。

2. 根据权利要求1所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,所述富液泵(9)输入端与吸收塔(4)底部连接,所述富液泵(9)输出端与再生塔(11)上部连通。

3. 根据权利要求2所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,所述再生塔(11)底部还连接有贫液泵(14),所述富液泵(9)输出端与再生塔(11)之间设置有贫富液换热器(10),所述富液泵(9)输出端与贫富液换热器(10)冷端入口端连接,所述贫富液换热器(10)冷端出口端与再生塔(11)上部连通;所述贫液泵(14)输出端与贫富液换热器(10)热端输入端连接,所述贫富液换热器(10)热端输出端与水冷器(15)输入端连接,所述水冷器(15)输出端与吸收塔(4)连通。

4. 根据权利要求1所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,所述再生塔(11)底部与再沸器Ⅰ(12)输入端连接,所述再沸器Ⅰ(12)输出端与再生塔(11)连通。

5. 根据权利要求1所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,捕集系统还包括设置在吸收塔(4)内顶部的回收装置,所述回收装置对经过吸收塔(4)内净化气中的吸收剂进行回收。

6. 根据权利要求5所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,所述回收装置包括与吸收塔(4)内顶部连接的水洗设备,所述水洗设备通过水液洗除净化气中吸收剂;所述水洗设备包括循环水槽(5),所述循环水槽(5)出液端与循环水泵(6)输入端连接,所述循环水泵(6)输出端与吸收塔水冷器(7)输入端连接,所述循环水槽(5)进液端以及吸收塔水冷器(7)输出端均与吸收塔(4)内顶部连通,所述循环水槽(5)进液端位于吸收塔水冷器(7)输出端底部。

7. 根据权利要求1所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,所述吸收塔(4)顶部出口端设置叶片式高效除沫器。

8. 根据权利要求1所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,所述分离设备包括连接在再沸器Ⅱ(13)输出端的分离器(19),所述分离器(19)输出端连接有酸性气水冷器(20)。

9. 根据权利要求1-8任一项所述的一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,其特征在于,捕集系统还包括预处理塔(1),所述预处理塔(1)底端与水洗泵(2)输入端连接,所述水洗泵(2)输出端与预处理塔水冷器(3)输入端连接,所述预处理塔水冷器(3)输出端与预处理塔(1)顶部连接。

一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及CO₂捕集技术领域,尤其涉及一种低分压低能耗烟气 CO₂捕集系统。

背景技术

[0002] 碳达峰、碳中和是国家的重大战略,CO₂捕集技术是实现碳中和的重要环节,是CCUS(二氧化碳的捕集、利用、储存)的前提,对减少CO₂的排放具有至关重要的作用。

[0003] 以MDEA、MEA、AMP为代表的有机胺系列吸收剂被广泛用于烟道气二氧化碳捕集工艺流程中,相关公开专利有:美国专利公开号US4336233A、中国专利申请号为CN92113637.4公开的从混合气体中脱除二氧化碳的方法;而再生能耗偏高一直行业内的痛点,约占总运行成本的三分之二以上。

[0004] 专利CN103566712B提出了一种二氧化碳捕集工艺,利用高温烟气余热副产蒸汽用于装置的再沸器加热;采用加热膨胀驱动透平机发电的方式利用再生塔顶气余热,所发电可满足整个净化系统的动设备供电。使得整个装置和传统工艺相比,再沸器能耗降低15-25%。高温烟气余热副产蒸汽只是利用了外部的能量,没有从根本上降低再生能耗。利用再生塔顶气余热加热膨胀驱动透平机发电的这种方式,能量转化效率比较低。

[0005] 在国家大力提倡降低能耗的前提下,如何有效地降低再生能耗、降低二氧化碳捕集成本,成为二氧化碳捕集技术的关键问题。

实用新型内容

[0006] 本实用新型针对现有技术的不足,提供了一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,包括吸收塔与富液泵,所述吸收塔内设有用于吸收原料气中 CO₂的吸收剂,所述吸收塔底部与再生塔连通,所述吸收塔与再生塔之间物料输送阻力由富液泵克服,所述再生塔顶部出口端连接有蒸汽压缩机,所述蒸汽压缩机输出端连接有再沸器Ⅱ,所述蒸汽压缩机将再生塔产生的酸性气加压后用于加热再沸器Ⅱ,所述再沸器Ⅱ输入端与再生塔连通,所述再沸器Ⅱ输出端与分离设备连接,分离设备将酸性气体中的水分与CO₂分离。

[0007] 进一步的,所述富液泵输入端与吸收塔底部连接,所述富液泵输出端再生塔上部连通。

[0008] 进一步的,所述再生塔底部还连接有贫液泵,所述富液泵输出端与再生塔之间设置有贫富液换热器,所述富液泵输出端与贫富液换热器冷端入口端连接,所述贫富液换热器冷端出口端与再生塔上部连通;所述贫液泵输出端与贫富液换热器热端输入端连接,所述贫富液换热器热端输出端与水冷器输入端连接,所述水冷器输出端与吸收塔连通。

[0009] 进一步的,所述再生塔底部与再沸器Ⅰ输入端连接,所述再沸器Ⅰ输出端与再生塔连通。

[0010] 进一步的,捕集系统还包括设置在吸收塔内顶部的回收装置,所述回收装置对经过吸收塔内净化气中的吸收剂进行回收。

[0011] 进一步的,所述回收装置包括与吸收塔内顶部连接的水洗设备,所述水洗设备通过水液洗除原料气中吸收剂;所述水洗设备包括循环水槽,所述循环水槽出液端与循环水泵输入端连接,所述循环水泵输出端与吸收塔水冷器输入端连接,所述循环水槽进液端以及吸收塔水冷器输出端均与吸收塔内顶部连通,所述循环水槽进液端位于吸收塔水冷器输出端底部。

[0012] 进一步的,所述吸收塔顶部出口端设置叶片式高效除沫器。

[0013] 进一步的,所述分离设备包括连接在再沸器Ⅱ输出端的分离器,所述分离器输出端连接有酸性气水冷器。

[0014] 进一步的,所述预处理塔底端与水洗泵输入端连接,所述水洗泵输出端与预处理塔水冷器输入端连接,所述预处理塔水冷器输出端与预处理塔顶部连接。

[0015] 本实用新型的有益效果:

[0016] (1)通过在再生塔顶部出口端连接有蒸汽压缩机,通过蒸汽压缩机对再生塔产生的酸性气加压,使其压力和温度上升,蒸汽的热焓也随之增加,把增加了热焓的蒸汽送到再沸器的加热室当作加热蒸汽使用,使再沸器内富液维持沸腾状态,相比现有技术将蒸汽转换为电能,再将转换电能用于整个系统的运行,多次转换,本实用新型方案蒸汽热能利用率更高,使再生能耗相对传统工艺更低。

[0017] (2)通过回收贫液的热量,并将回收的热量对进入再生塔前的富液升温,使富液进入再生塔前具有较高的温度,进入再生塔后,通过加热使用汽提解吸富液中吸收剂部分 CO_2 ,此时由于富液具有较高的温度,减少再沸器低压蒸汽的消耗,降低 CO_2 的捕捉成本。

[0018] (3)通过在吸收塔顶部出口端设置叶片式高效除沫器,叶片式高效除沫器,当原料气夹带着小尺寸液滴进入叶片式高效除沫器,将被叶片分隔成多个区域,气体在通过各个区域的过程中将被叶片进行多次快速的流向转变,在惯性力的作用下,液体将与叶片发生动能碰撞,借助分子的布朗运动和细丝毛细管效应,液滴之间通过聚结效应附着在叶片表面,液滴在自身重力下在下方进行汇集;高效回收原料气中的吸收剂,使吸收剂消耗降低到 0.6kg/tCO_2 左右,进一步有效降低了二氧化碳捕集成本。

附图说明

[0019] 图1为实施例1的 CO_2 捕集系统示意图;

[0020] 图2为实施例2的 CO_2 捕集系统示意图;

[0021] 图3为 CO_2 捕集方法示意图。

[0022] 附图编号说明:1、预处理塔,2、水洗泵,3、预处理塔水冷器,4、吸收塔,5、循环水槽,6、循环水泵,7、吸收塔水冷器,8、中间冷却器,9、富液泵,10、贫富液换热器,11、再生塔,12、再沸器Ⅰ,13、再沸器Ⅱ,14、贫液泵,15、水冷器,16、过滤器,17、胺净化系统,18、蒸汽压缩机,19、分离器,20、酸性气水冷器,21、酸性气冷却器,22、回流泵。

具体实施方式

[0023] 为使本实用新型实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本实用新型实施例中的附图,对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本实用新型一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施

例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本实用新型保护的范围。

[0024] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。

[0025] 实施例1

[0026] 下面将结合本实用新型实施例中的附图1,对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,过程如下:

[0027] 请参阅图1所示,一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,包括预处理塔1、吸收塔4、再生塔11以及贫富液换热器10;原料气首先进入预处理塔1,预处理塔1底端与水洗泵2输入端连接,水洗泵2输出端与预处理塔水冷器3输入端连接,预处理塔水冷器3输出端与预处理塔1顶部连接,即预处理塔水冷器3输出端延伸至预处理塔1内。

[0028] 使用时,启动水洗泵2,经过预处理塔水冷器3溶液从预处理塔1顶部落入,将原料气引入预处理塔1内,原料气与溶液逆流接触,以达到对原料气除杂和降温的目的,预处理塔1中的溶液由预处理塔1塔底流出,经预处理塔水冷器3却后重新返回至预处理塔1循环使用,对进入预处理塔1 原料气进行洗涤,形成净化气;其中,溶液可以是水,也可以是其它能够代替水实现对原料气的除杂和降温的液体,避免温度过高的原料进入吸收塔4内,降低后续吸收剂吸收CO₂的效率。

[0029] 降温除杂后的原料气引入吸收塔4下部,进入吸收塔4内的原料气与吸收剂接触时,由吸收剂吸收原料气中的CO₂;

[0030] 在吸收塔4内顶部设置吸收剂回收装置,回收装置对经过吸收塔4内顶部净化气中的吸收剂进行回收;其中回收装置包括与吸收塔4内顶部连接的水洗设备,水洗设备通过水液洗除净化气中吸收剂,吸收剂融于水液,然后洗除吸收剂的净化气经吸收塔4塔顶排入大气。

[0031] 水洗设备包括循环水槽5,循环水槽5出液端与循环水泵6输入端连接,循环水泵6输出端与吸收塔水冷器7输入端连接,其中循环水槽5进液端以及吸收塔水冷器7输出端均与吸收塔4内顶部连通,循环水槽5进液端位于吸收塔水冷器7输出端底部,方便对吸收塔水冷器7输出端喷出的清洗液进行回收;水液还可以是其它能够代替液态水洗除净化气中吸收剂的液体,且与吸收剂相融。

[0032] 使用时,吸收塔水冷器7对进入其内的水液温度设置在39-40℃左右,保证水液吸收吸收剂的效果。

[0033] 为加强吸收塔4内顶部的水液吸收净化气中夹带的吸收剂的气液传质效率,提升水液的清洗效果,我们在吸收塔水冷器7输出端与循环水槽5 进液端设置了三层筛板式塔板。

[0034] 为进一步回收净化气中的吸收剂,降低吸收剂的消耗,我们在吸收塔4 顶部出口端设置叶片式高效除沫器,叶片式高效除沫器,原理是:气相(即原料气)夹带着小尺寸液滴进入叶片式高效除沫器,将被叶片分隔成多个区域,气体在通过各个区域的过程中将被叶片进行多次快速的流向转变,在惯性力的作用下,液体将与叶片发生动能碰撞,借助分子的布朗运动和细丝毛细管效应,液滴之间通过聚结效应附着在叶片表面,液滴在自身重力下

在下方进行汇集;高效回收原料气中的吸收剂,使吸收剂消耗降低到 0.6kg/tCO_2 左右,有效降低了二氧化碳捕集成本。

[0035] 请参阅图1所示,富液泵9输入端与吸收塔4底部连接,富液泵9输出端与再生塔11上部连通,所述再生塔11顶部出口端连接有蒸汽压缩机18,所述蒸汽压缩机18输出端与再沸器连接,再沸器包括与再生塔11底部连接的再沸器Ⅱ13与再沸器I12,所述蒸汽压缩机18将再生塔11顶产生的酸性气加压后用于加热再沸器Ⅱ13,维持再沸器Ⅱ13中贫液沸腾状态,所述再生塔11输出端与分离设备连接,分离设备将酸性气体中的水分与 CO_2 分离,得到 CO_2 ;再沸器Ⅱ13采用管壳热虹吸式;其中再沸器I12输出端与再生塔11连通。

[0036] 使用时,吸收剂在吸收塔4中吸收 CO_2 后形成富液,通过富液泵9输送至再生塔11内,富液从再生塔11上部进入,富液在再生塔11内,通过汽提解吸富液中吸收剂 CO_2 ,富液中水分蒸发成水蒸气;酸性气经过蒸汽压缩机18对酸性气压缩加压;将酸性气加压至 $2.5\sim 3.5\text{bar.g}$ 后,用于加热再沸器Ⅱ13,充分回收了酸性气的潜热,相对现有工艺,能量利用效率高,大大降低了再生用低压蒸汽用量,使再生能耗相对传统工艺降低30%左右。

[0037] 蒸汽压缩机18原理:因为酸性气中含有70%左右的水蒸气,此股汽体经过压缩机压缩,使其压力和温度上升,酸性气的热焓也随之增加,把增加了热焓的酸性气送到再生塔11的再沸器Ⅱ13当作加热蒸汽使用,使再沸器Ⅱ13内的贫液维持沸腾状态,酸性气中的水蒸气冷凝成水,这样二次蒸汽中的潜热得到了充分的利用,从而达到了节能的目的。

[0038] 请参阅图1所示,分离设备包括与再沸器Ⅱ13输出端连接的分离器19 连接,分离器19输出端连接有酸性气水冷器20,酸性气水冷器20输出端连接有酸性气分离器21,酸性气分离器21液相出口连接有回流泵22。

[0039] 出再沸器Ⅱ13的酸性气经过分离器19后,液相通过自身压力去酸性气分离21回收吸收剂,气相减压至 50kPa.g 后,进入酸性气水冷器20进一步冷却后进入酸性气分离器21,液相通过回流泵22打回再生塔11,气相得到纯度99.5%的 CO_2 产品气送入后序工段使用。

[0040] 请参阅图1所示,为保证吸收剂吸收 CO_2 吸收效率,我们在吸收塔4 中部增设中间水冷器8,将富液的温度降至 $39\sim 40^\circ\text{C}$ 左右,消除吸收剂因吸收 CO_2 后升温造成吸收效率下降的影响,使吸收剂的吸收率增加10%左右。

[0041] 使用时,吸收剂在吸收塔4上部吸收 CO_2 后,吸收剂温度会上升,吸收剂在低温时吸收系数比较高,经过中间水冷器8降温后,在吸收塔4下部继续吸收 CO_2 ,提升吸收剂的吸收率,提升捕捉 CO_2 效率。

[0042] 实施例2

[0043] 请参阅图2所示,为了对贫液的热量进行回收再利用,在富液泵9输出端与再生塔11之间设置有贫富液换热器10,富液泵9输出端与贫富液换热器10冷端入口端连接,贫富液换热器10冷端出口端与再生塔11上部连通;贫液泵14输出端与贫富液换热器10热端入口连接,贫富液换热器10 热端出口与水冷器15输入端连接。

[0044] 使用时,贫液泵14先将贫液输送至贫富液换热器10换热,贫富液换热器10采用低温差贫富液换热器,冷端的温差小于等于 5°C ,充分回收了贫液的显热,贫富液换热器10加热上述即将进入再生塔11的富液,使富液进入再生塔11前具有更高的温度,减少再生塔11底部低压蒸汽的消耗,提升解吸 CO_2 的效率,降低 CO_2 的捕捉成本;然后将贫液送至水冷器15冷却,冷却后输送至吸收塔4内。

[0045] 实施例3

[0046] 请参阅图3所示,一种低分压低能耗烟气CO₂捕集系统,包括以下步骤:

[0047] S1、吸收CO₂,将原料气通过吸收剂,吸收剂吸收原料气中的CO₂形成富液,

[0048] S2、富液解吸,产生酸性气,酸性气中主要含有CO₂、H₂O、吸收剂;

[0049] S3、压缩酸性气,将酸性气加压至2.5~3.5bar.g,使其压力和温度上升,回收酸性气的潜热,并将回收的潜热作用于加热再生塔底的再沸器;

[0050] S4、冷却分离,将酸性气冷却,饱和蒸汽冷凝成液相,将液相与CO₂分离得到CO₂。

[0051] 为减少吸收剂的消耗,在执行步骤S1后,回收吸收剂,向净化气中喷洒水液,回收原料气中夹带的吸收剂,吸收剂溶于水液。

[0052] 执行步骤S1前,先对原料气水洗,除去原料气中的杂质,降低原料气的温度,在对原料气水洗时,水与原料气逆流接触,清洗效果更好。

[0053] 对步骤S1中的制得的富液降温,将富液的温度降至39~40℃。

[0054] 为充分利用贫液的显热,执行步骤S2后,解吸CO₂后的富液形成贫液,对贫液热量进行回收,将回收的热量用于对步骤S2中解吸前的富液升温。

[0055] 对回收显热后的贫液进行冷却到39~40℃,冷却后的贫液进入吸收塔喷淋吸收CO₂。

[0056] 富液在再生塔11解吸,在再生塔11塔顶产生酸性气,与再生塔11连接有再沸器Ⅱ13以及蒸汽压缩机18,酸性气经蒸汽压缩机18压缩加压,将回收的酸性气潜热,作用于加热再沸器Ⅱ13内的富液。

[0057] 需要说明的是,在本文中,如若存在第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0058] 以上实施例仅用以说明本实用新型的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本实用新型进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本实用新型各实施例技术方案的精神和范围。

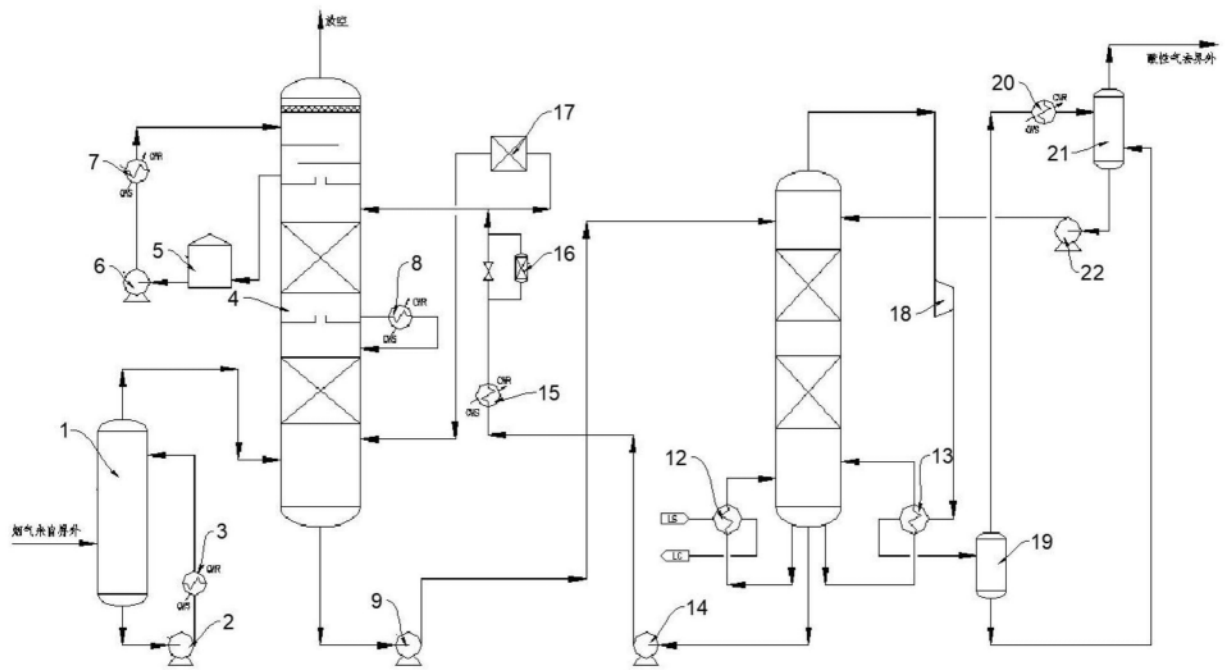


图1

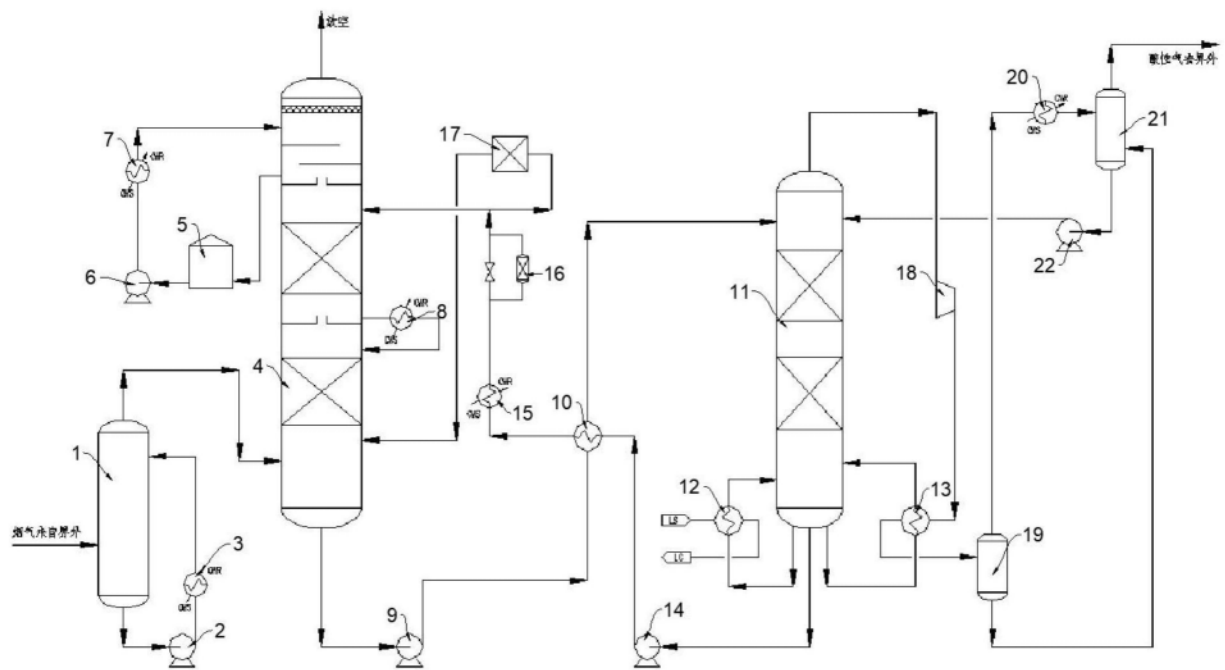


图2

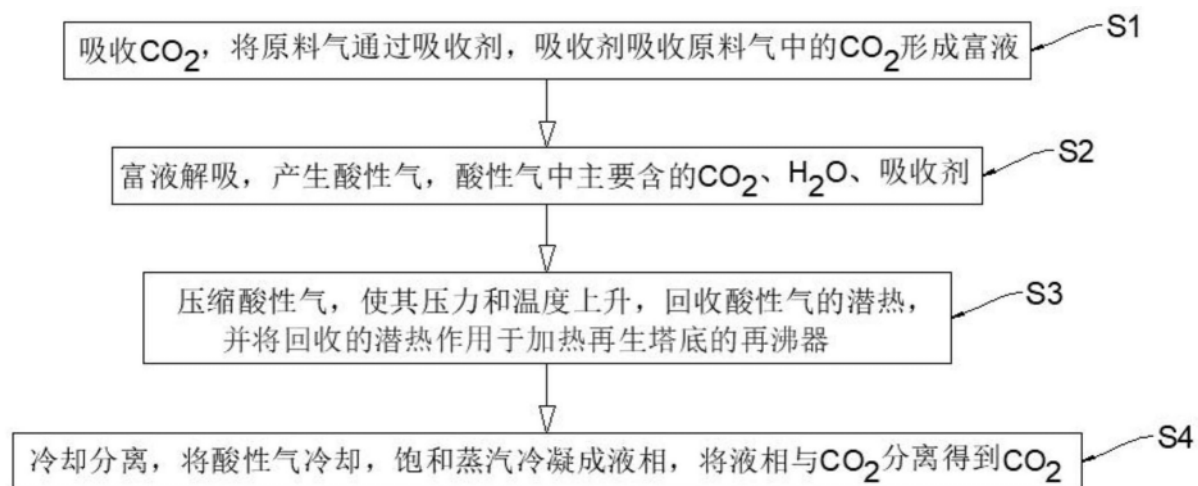


图3