



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211585925 U

(45)授权公告日 2020.09.29

(21)申请号 201922123297.1

(22)申请日 2019.12.02

(73)专利权人 中国石油天然气集团有限公司  
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

专利权人 中国昆仑工程有限公司

(72)发明人 张卫东 谢振威 李博鑫 于瑶  
乔玥 刘岱 冷雪冰 石壮  
方佳伟 徐坡

(74)专利代理机构 北京市卓华知识产权代理有限公司 11299

代理人 陈子英

(51)Int.Cl.

B01D 53/14(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

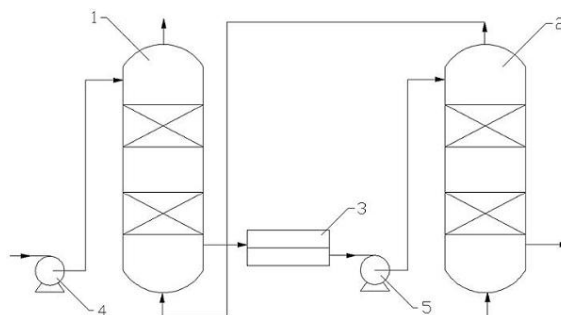
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)实用新型名称

一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统

(57)摘要

本实用新型涉及一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统,包括第一吸收塔、第二吸收塔和分相器,两个吸收塔均设有进气口、排气口、吸收剂进口和溶液出口,第一吸收塔的进气口连通第二吸收塔的排气口,第一吸收塔溶液出口连通分相器的进口,分相器的富液相出口连通第二吸收塔的吸收剂进口,第二吸收塔溶液出口连通解吸装置的进口,解吸装置的出口连通第一吸收塔的吸收剂进口,分相器的贫液相出口连通第一吸收塔的吸收剂进口。本实用新型适用于采用相变吸收剂吸收烟气中的CO<sub>2</sub>,可有效提高烟气中CO<sub>2</sub>的吸收效率,实现相变吸收剂与CO<sub>2</sub>在吸收塔内传质效率的优化,并可实现相变吸收剂的循环利用,降低CO<sub>2</sub>富液的解吸能耗。



1. 一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统,其特征在于包括第一吸收塔、第二吸收塔和分相器,所述第一吸收塔和所述第二吸收塔均设有位于塔底的进气口、位于塔顶的排气口、位于塔上部的吸收剂进口和位于塔下部的溶液出口,所述第一吸收塔的进气口连通所述第二吸收塔的排气口,所述第一吸收塔溶液出口连通所述分相器的进口,所述分相器的富液相出口连通所述第二吸收塔的吸收剂进口,所述第二吸收塔的进气口作为吸收系统的进气口,用于接入待吸收烟气,所述第一吸收塔的排气口作为吸收系统的排气口,用于排出吸收后的烟气。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统,其特征在于还包括CO<sub>2</sub>富液的解吸装置,所述第二吸收塔溶液出口连通所述解吸装置的进口,所述解吸装置的液相出口连通所述第一吸收塔的吸收剂进口,所述分相器的贫液相出口连通所述第一吸收塔的吸收剂进口。

3. 根据权利要求2所述的一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统,其特征在于所述第一吸收塔的吸收剂进口连通的吸收剂输送管道上安装有第一输送泵。

4. 根据权利要求3所述的一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统,其特征在于所述分相器的富液相出口与所述第二吸收塔的吸收剂进口之间的输送管道上安装有第二输送泵。

## 一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种吸收烟气中CO<sub>2</sub>的系统,尤其设计一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统。

### 背景技术

[0002] 近年来,由CO<sub>2</sub>为主的温室气体造成的“温室效应”对人类生存环境造成严重威胁,目前CO<sub>2</sub>减排已成为人类共识。碳捕集与封存(Carbon Capture and Storage,CCS)技术是控制和削减全球二氧化碳排放的可行途径。而在CCS技术中,化学吸收法因其吸收容量大,技术最为成熟,是目前应用最广泛的CO<sub>2</sub>捕集技术,但该技术始终存在再生能耗过高的问题。

[0003] 近十年来研究者提出了高效低能耗的相变化吸收剂,相变化吸收剂在吸收CO<sub>2</sub>前呈均相,吸收CO<sub>2</sub>后发生液液分相,且吸收的CO<sub>2</sub>集中于下液相,因此只需将下层液相送入解吸装置,大幅降低进入解吸装置的液量,能够有效降低蒸发潜热和升温显热能耗,实现低能耗CO<sub>2</sub>捕集,有望应用于大规模燃煤电厂烟气中CO<sub>2</sub>捕集。

[0004] 与传统吸收剂不同的是,相变吸收剂在吸收CO<sub>2</sub>过程中发生分相,但此时由于相平衡的影响,分相后的下液相仍未达到其饱和吸收量,仍具有一定的CO<sub>2</sub>吸收能力,分相后的下液相粘度很高,导致吸收剂与CO<sub>2</sub>之间的传质系数降低,吸收速率明显降低,这就要求在设计时需要大幅增加吸收塔的尺寸,增加设备投资。另一方面,对于既定的吸收塔,相变吸收剂分相后粘度增大、吸收速率下降,导致处理量大幅降低,运行成本急剧增加。由于相变化吸收剂在分相前后粘度发生急剧变化,在吸收塔内传质系数会发生突变,故在吸收剂分相前后需要对吸收塔提出明显不同的设计要求,因此难以在同一个吸收塔内实现传质效率的优化。

[0005] 一种采用高温吸收塔和低温吸收塔来达到折衷CO<sub>2</sub>吸收容量和吸收剂粘度两个关键参数的技术被提出,该技术分相后的上液相返回低温吸收塔继续吸收CO<sub>2</sub>,通过设置高温塔降低吸收剂粘度,但该技术需要在两塔之间设置换热器,额外增加了投资成本。更重要的是,该技术在吸收剂发生分相时,将上液相与下液相分离,使上液相继续吸收CO<sub>2</sub>。而在目前所报道的相变化吸收剂中,一大类主要的相变化吸收剂在吸收CO<sub>2</sub>分相后,上液相几乎不再具有吸收能力,因此该技术的工艺流程对此类相变吸收剂只能起到进一步降低吸收前的吸收剂粘度,而对于已经分相并具有进一步吸收能力的下液相不起作用,即无法达到提高相变吸收剂的吸收容量的目的。该项技术虽提出采用相变吸收剂来捕集CO<sub>2</sub>,但对于主要的相变吸收剂无实际作用,并未真正解决粘度剧增带来的传质效率降低的问题。

### 实用新型内容

[0006] 为克服现有技术的上述缺陷,本实用新型提供了一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统,可有效提高烟气中CO<sub>2</sub>的吸收效率,实现相变吸收剂与CO<sub>2</sub>在吸收塔内传质效率的优化。

[0007] 本实用新型实现上述目的的技术方案是：一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统，包括第一吸收塔、第二吸收塔和分相器，所述第一吸收塔和所述第二吸收塔均设有位于塔底的进气口、位于塔顶的排气口、位于塔上部的吸收剂进口和位于塔下部的溶液出口，所述第一吸收塔的进气口连通所述第二吸收塔的排气口，所述第一吸收塔溶液出口连通所述分相器的进口，所述分相器的富液相出口连通所述第二吸收塔的吸收剂进口，所述第二吸收塔的进气口作为吸收系统的进气口，用于接入待吸收烟气，所述第一吸收塔的排气口作为吸收系统的排气口，用于排出吸收后的烟气。

[0008] 进一步地，其还包括CO<sub>2</sub>富液的解吸装置，所述第二吸收塔溶液出口连通所述解吸装置的进口，所述解吸装置的液相出口连通所述第一吸收塔的吸收剂进口，所述分相器的贫液相出口连通所述第一吸收塔的吸收剂进口。

[0009] 更进一步地，所述第一吸收塔的吸收剂进口连通的吸收剂输送管道上安装有第一输送泵。

[0010] 更进一步地，所述分相器的富液相出口与所述第二吸收塔的吸收剂进口之间的输送管道上安装有第二输送泵。

[0011] 本实用新型的有益效果是：

[0012] 1、本实用新型通过不同的吸收塔分别利用相变吸收剂和相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的CO<sub>2</sub>富液相对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收，相比于采用单一吸收塔的传统技术，可实现相变吸收剂与CO<sub>2</sub>在吸收塔内传质效率的优化，避免相变吸收剂在分相前后由于粘度发生急剧变化，致使吸收塔内传质系数突变降低的情况发生，可有效提高相变吸收剂对于CO<sub>2</sub>的吸收效率，还可实现CO<sub>2</sub>富液相对于CO<sub>2</sub>吸收能力的再利用，并无需改变吸收塔的尺寸，降低设备投资和运行成本。

[0013] 2、本实用新型可实现对CO<sub>2</sub>富液经解吸后的溶液和CO<sub>2</sub>贫液相的循环再利用，从而实现相变吸收剂的循环利用，提高相变吸收剂的利用效率，降低生产成本。

[0014] 3、本实用新型仅将CO<sub>2</sub>富液送至解吸装置进行解吸，相比于传统技术，可有效减少进入解吸装置的溶液量，降低解吸能耗。

## 附图说明

[0015] 图1是本实用新型的一种实施方式的结构示意图；

[0016] 图2是本实用新型的另一种实施方式的结构示意图。

## 具体实施方式

[0017] 具体实施方式一：结合图1说明本实施方式，本实施方式的一种适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统，包括第一吸收塔1、第二吸收塔2和分相器3，所述第一吸收塔和所述第二吸收塔均设有位于塔底的进气口、位于塔顶的排气口、位于塔上部的吸收剂进口和位于塔下部的溶液出口，含CO<sub>2</sub>的烟气从所述第二吸收塔塔底的进气口进入系统，相变吸收剂从所述第一吸收塔上部的吸收剂进口进入所述第一吸收塔，所述第一吸收塔进气口连通所述第二吸收塔排气口，使所述第二吸收塔内的烟气可以进入所述第一吸收塔，所述第一吸收塔溶液出口连通所述分相器的进口，所述分相器用于对所述第一吸收塔内的相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液进行分相，所述分相器的富液相出口连通所述第二吸

收塔的吸收剂进口,用于将经分相后的CO<sub>2</sub>富液相送入所述第二吸收塔,使CO<sub>2</sub>富液相与从所述第二吸收塔的塔底进入的高浓度烟气逆流接触,继续吸收烟气中的CO<sub>2</sub>,通常情况下,所述分相器分相后的下液相为富液相。

[0018] 具体实施方式二:结合图2说明本实施方式,本实施方式的适用于相变吸收剂吸收烟气中CO<sub>2</sub>的吸收系统还包括CO<sub>2</sub>富液的解吸装置6,所述第二吸收塔的溶液出口连通所述解吸装置的进口,用于将再次吸收烟气中的CO<sub>2</sub>的CO<sub>2</sub>富液送入所述解吸装置进行解吸,所述解吸装置的出口连通所述第一吸收塔的吸收剂进口,所述分相器的贫液相出口连通所述第一吸收塔的吸收剂进口,用于将解析后的溶液和分相后的CO<sub>2</sub>贫液相送入所述第一吸收塔循环利用,继续用于对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收,通常情况下,所述分相器分相后的上液相为贫液相。为便于解析后的溶液与分相后的CO<sub>2</sub>贫液相的混合,可以将二者先送入混合装置混合恢复均相后,再从所述第一吸收塔的吸收剂进口送入所述第一吸收塔。其他组成和连接关系与具体实施方式一相同。

[0019] 具体实施方式三:结合图1和图2说明本实施方式,本实施方式的所述第一吸收塔的吸收剂进口连通的吸收剂输送管道上安装有第一输送泵4,便于相变吸收剂的输送。其他组成和连接关系与具体实施方式一或二相同。

[0020] 具体实施方式四:结合图1和图2说明本实施方式,本实施方式的所述分相器的富液相出口与所述第二吸收塔的吸收剂进口之间的输送管道上安装有第二输送泵5,便于CO<sub>2</sub>富液相的输送。其他组成和连接关系与具体实施方式一、二或三相同。

[0021] 本实用新型的其他输送管道上也可以安装适宜的输送泵,以便于管道内物质的输送。

[0022] 所述相变吸收剂为胺-有机溶剂-水体系的吸收剂,所述相变吸收剂可以采用乙醇胺-正丙醇-水或N-甲基二乙醇胺-正丁醇-水。

[0023] 所述相变吸收剂的粘度范围优选为2~10 mPa·s,如2 mPa·s、5 mPa·s、8 mPa·s或10 mPa·s。分相后的CO<sub>2</sub>富液相的粘度范围优选为10~200 mPa·s,如10 mPa·s、100 mPa·s、150 mPa·s或200 mPa·s。

[0024] 通常情况下,所述第一吸收塔和所述第二吸收塔的操作压力均为常压,所述第一吸收塔和所述第二吸收塔内的工作温度均为30~60℃,如30℃、40℃、50℃或60℃。

[0025] 本实用新型的工作原理为:采用相变吸收剂对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收,对吸收CO<sub>2</sub>后的溶液进行分相,分相后的CO<sub>2</sub>富液相继续用于对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收,采用相变吸收剂吸收烟气中的CO<sub>2</sub>和采用CO<sub>2</sub>富液相吸收烟气中的CO<sub>2</sub>的过程在不同的吸收塔中进行。然后,对再次吸收烟气中的CO<sub>2</sub>的CO<sub>2</sub>富液进行解吸,解吸后的溶液与分相后的CO<sub>2</sub>贫液相混合恢复均相后继续用于对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收。

[0026] 本实用新型的工作流程为:含CO<sub>2</sub>的烟气从所述第二吸收塔的底端的进气口进入所述第二吸收塔后再进入所述第一吸收塔,相变吸收剂从所述第一吸收塔的上部进入所述第一吸收塔,所述相变吸收剂首先在所述第一吸收塔内吸收CO<sub>2</sub>(相变吸收剂与CO<sub>2</sub>发生传质),所述相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液在所述第一吸收塔的底部进行分相,将溶液分为CO<sub>2</sub>富液相和CO<sub>2</sub>贫液相,高粘度的CO<sub>2</sub>富液相从所述第二吸收塔的上部送入所述第二吸收塔,与从所述第二吸收塔的底端进入所述第二吸收塔的高浓度烟气逆流接触,继续对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收,再次吸收烟气中的CO<sub>2</sub>的CO<sub>2</sub>富液从所述第二吸收塔的下部流出送入解吸装

置,解吸后的溶液与分相后的CO<sub>2</sub>的贫液相混合恢复均相后从所述第一吸收塔的上部送入所述第一吸收塔循环利用,继续用于对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收。

[0027] 本实用新型通过不同的吸收塔分别利用相变吸收剂和相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的CO<sub>2</sub>富液相对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收,相比于采用单一吸收塔的传统技术,可实现相变吸收剂与CO<sub>2</sub>在吸收塔内传质效率的优化,避免相变吸收剂在分相前后由于粘度发生急剧变化,致使吸收塔内传质系数突变降低的情况发生,可有效提高相变吸收剂对于CO<sub>2</sub>的吸收效率,还可实现CO<sub>2</sub>富液相对于CO<sub>2</sub>吸收能力的再利用,并无需改变吸收塔的尺寸,降低设备投资和运行成本。本实用新型可实现对CO<sub>2</sub>富液经解吸后的溶液和CO<sub>2</sub>贫液相的循环再利用,从而实现对相变吸收剂的循环利用,提高相变吸收剂的利用效率,降低生产成本。本实用新型仅将CO<sub>2</sub>富液送至解吸装置进行解吸,相比于传统技术,可有效减少进入解吸装置的溶液量,降低解吸能耗。

[0028] 实验例1:60℃烟气(CO<sub>2</sub>浓度20 vol.%)以1.2 m<sup>3</sup>/h的流量从第二吸收塔的塔底进入,相变吸收剂A(初始粘度为7.7 mPa·s)由第一输送泵送入第一吸收塔的塔顶,流量为20 L/h。相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液经过分相器,下液相由第二输送泵送入第二吸收塔的塔顶,在第二吸收塔内吸收CO<sub>2</sub>。对第二吸收塔的塔底的CO<sub>2</sub>富液取样,测得粘度为29 mPa·s,CO<sub>2</sub>负载为2.2mol/kg,所需吸收时长共为4h。

[0029] 实验例2:60℃烟气(CO<sub>2</sub>浓度20 vol.%)以2.2 m<sup>3</sup>/h的流量从第二吸收塔的塔底进入,相变吸收剂B(初始粘度为5.2 mPa·s)由第一输送泵送入第一吸收塔的塔顶,流量为20 L/h。相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液经过分相器,下液相由第二输送泵送入第二吸收塔的塔顶,在第二吸收塔内吸收CO<sub>2</sub>。对第二吸收塔的塔底的CO<sub>2</sub>富液取样,测得粘度为77 mPa·s,CO<sub>2</sub>负载为2.8 mol/kg,所需吸收时长共为2.5h。

[0030] 实验例3:30℃烟气(CO<sub>2</sub>浓度50 vol.%)以1.2 m<sup>3</sup>/h的流量从第二吸收塔的塔底进入,相变吸收剂A(初始粘度为7.7 mPa·s)由第一输送泵送入第一吸收塔的塔顶,流量为20 L/h。相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液经过分相器,下液相由第二输送泵送入第二吸收塔的塔顶,在第二吸收塔内吸收CO<sub>2</sub>。对第二吸收塔的塔底的CO<sub>2</sub>富液取样,测得粘度为49 mPa·s,CO<sub>2</sub>负载为2.4mol/kg,所需吸收时长共为4h。

[0031] 实验例4:40℃烟气(纯CO<sub>2</sub>)以2.2 m<sup>3</sup>/h的流量从第二吸收塔的塔底进入,相变吸收剂B(初始粘度为5.2 mPa·s)由第一输送泵送入第一吸收塔的塔顶,流量为20 L/h。相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液经过分相器,下液相由第二输送泵送入第二吸收塔的塔顶,在第二吸收塔内吸收CO<sub>2</sub>。对第二吸收塔的塔底的CO<sub>2</sub>富相取样,测得粘度为127 mPa·s,CO<sub>2</sub>负载为3.5mol/kg,所需吸收时长共为2.5h。

[0032] 通过各实验例可以看出,本发明技术完全适用于对烟气中的CO<sub>2</sub>进行吸收。

[0033] 比较例1(传统技术原理):60℃烟气(CO<sub>2</sub>浓度20 vol.%)以1.2 m<sup>3</sup>/h的流量从第二吸收塔的塔底进入,相变吸收剂A(初始粘度为7.7 mPa·s)由第一输送泵送入第一吸收塔的塔顶进行循环吸收CO<sub>2</sub>,流量为20 L/h,吸收4h后对相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液静置分层,取下液相测得CO<sub>2</sub>负载量为1.4 mol/kg。

[0034] 通过实验例1与比较例1的对比可以看出,在相同时间内吸收CO<sub>2</sub>,实验例1可使得CO<sub>2</sub>富液中的CO<sub>2</sub>负载由1.4 mol/kg提高到2.2 mol/kg,本发明技术与传统技术相比CO<sub>2</sub>的吸收效率得到大大提高。

[0035] 比较例2:60℃烟气(CO<sub>2</sub>浓度20 vol.%)以1.2 m<sup>3</sup>/h的流量从第二吸收塔的塔底进入,相变吸收剂A(初始粘度为7.7 mPa·s)由第一输送泵送入第一吸收塔的塔顶,流量为20 L/h。相变吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液经过分相器,取样测上液相负载量为0.2 mol/kg,将上液相泵入第一吸收塔顶部循环吸收5h,取样测得CO<sub>2</sub>负载仍为0.2 mol/kg。

[0036] 通过比较例2中分相后的上液相循环利用前后中CO<sub>2</sub>负载量的对比可知,本发明技术适用于胺-有机溶剂-水体系的相变吸收剂(吸收CO<sub>2</sub>后的溶液经分相后的上液相不再具有CO<sub>2</sub>吸收能力的吸收剂)对烟气中CO<sub>2</sub>的吸收。

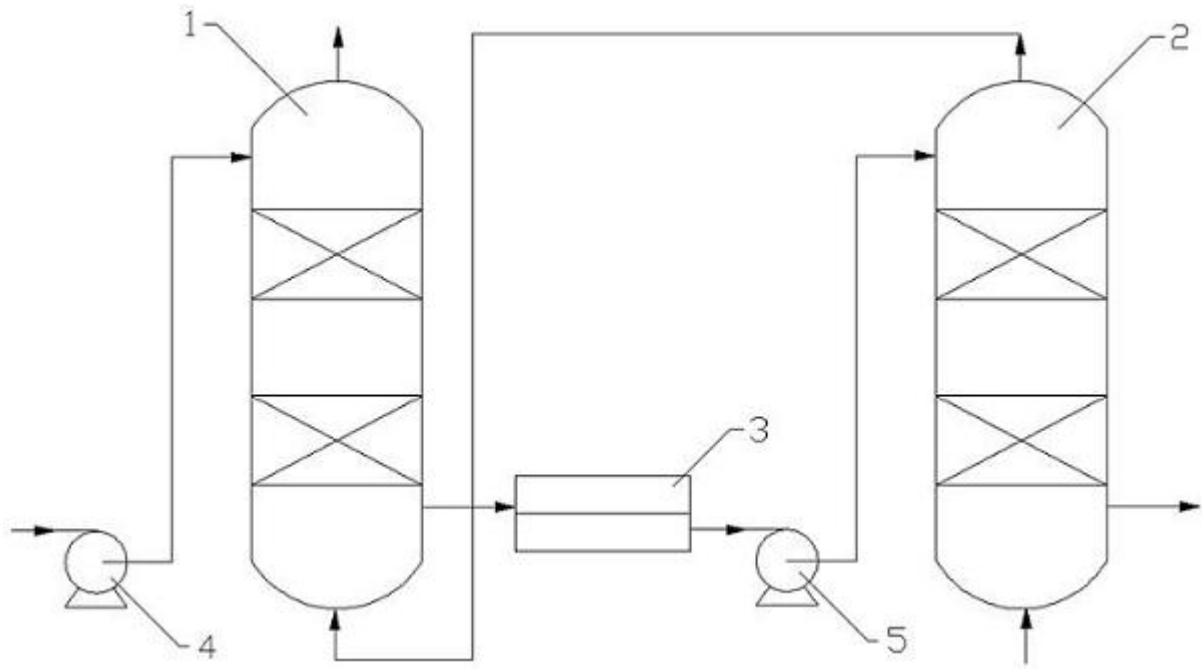


图1

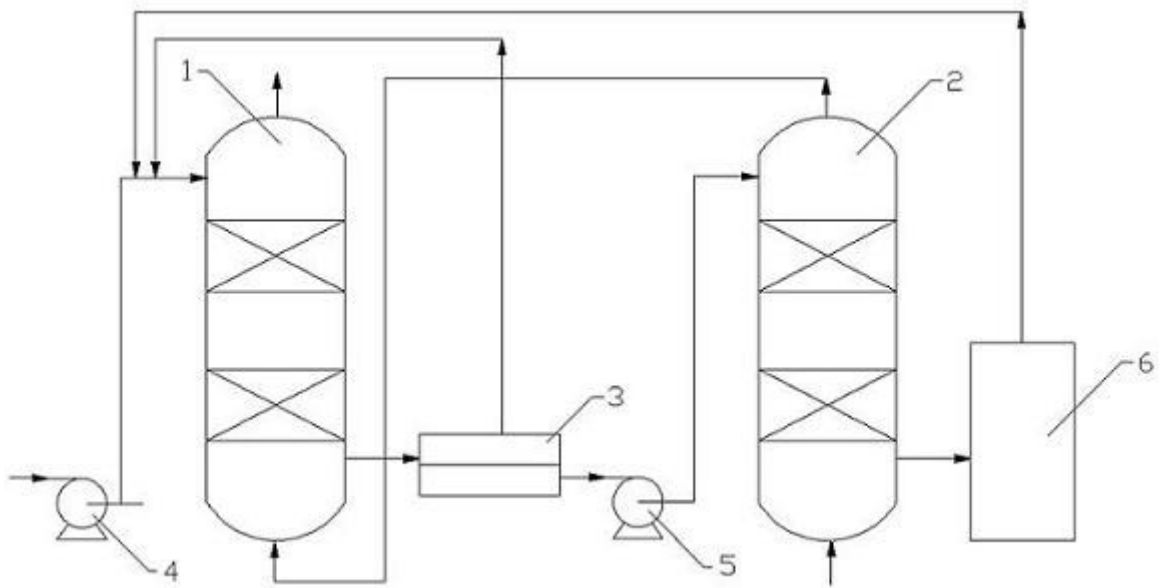


图2