



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103521033 B

(45) 授权公告日 2016.06.15

(21) 申请号 201310504759.9

(22) 申请日 2013.10.19

(73) 专利权人 盘锦道博尔环保科技股份有限公司

地址 124010 辽宁省盘锦市兴隆台区工业开发区

(72) 发明人 韩信 张东辉 宋迎来 岳恒宇  
徐树林 齐文章 崔强 杨玲

(51) Int. Cl.

B01D 53/047(2006.01)

C07C 9/04(2006.01)

C07C 7/12(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102580458 A, 2012.07.18,

审查员 刘欣

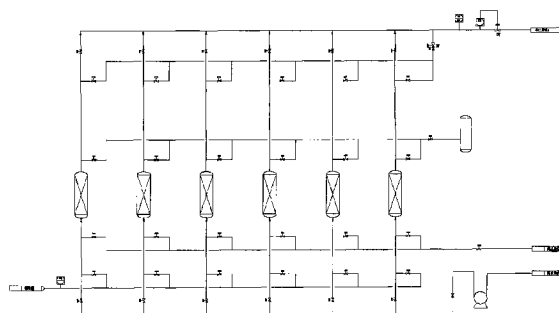
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种火驱采油中次生气的净化回收方法

(57) 摘要

本发明涉及尾气处理技术领域,特别涉及一种火驱采油中次生气的处理方法,所述次生气主要包括  $N_2$ 、 $CO_2$  和  $CH_4$ , 还包括  $C_5^+$  重烃类杂质。对火驱采油中产生的次生气体采用变压吸附处理方法,通过优化工艺流程,能够有效地将次生气体中的  $CH_4$  进行浓缩回收,产品气浓度高,得到纯度高达 90-99.999% 的  $CH_4$ , 工艺流程短,并且解决了二氧化碳和氮气难分离的问题。



1. 一种火驱采油中次生气的净化回收方法,所述次生气主要包括 $N_2$ 、 $CO_2$ 和 $CH_4$ ,还包括 $C_5^+$ 重烃类杂质,其特征在于,所述方法主要包括以下步骤:

1) 预处理步骤

将火驱次生气进行气液分离后,进入原料气压缩机增压至0.6MPa后,原料气体自预处理系统的预处理吸附塔底进入预处理吸附塔,在预处理吸附剂的选择性吸附下,除去原料气中的大部分 $C_5^+$ 重烃类杂质,净化后的气体去变压吸附脱碳系统;

2) 变压吸附脱碳步骤

经过预处理步骤后的原料气进入变压吸附脱碳系统,在吸附塔中原料气中 $CO_2$ 被脱碳吸附剂选择性吸附下来,将混合气体中的二氧化碳通过真空泵脱出放空,顶部气体再进入变压吸附脱氮系统;

3) 变压吸附脱氮步骤

来自脱碳气体自吸附塔底部进入变压吸附脱氮系统的吸附塔,脱氮吸附剂吸附甲烷气体,混合气体中的氮气被脱除,富甲烷气则通过抽真空出系统并送入缓冲气罐后经甲烷压缩机压缩至0.35MPa送出界区。

2. 如权利要求1所述的火驱采油中次生气的净化回收方法,其特征在于,所述预处理步骤包括:

a) 吸附过程

常温下,原料气中 $C_5^+$ 重烃类杂质在预处理吸附塔中被吸附下来,当预处理吸附塔吸附饱和后即转入以下再生过程;

b) 逆放过程

将预处理吸附塔的压力通过逆放泄压,降低压力,逆放气回原料气缓冲罐;

c) 加热脱附杂质

采用 $N_2$ 气体作为再生气源并加热至 $200^\circ C$ ,逆着吸附方向吹扫吸附层,使吸附杂质在加温下得以完全脱附,将再生气冷却分离烃后的排出;

d) 冷却吸附剂

脱附完毕后,停止加热再生气,用常温再生气逆着进气方向吹扫吸附床层,使之冷却至吸附温度,吹冷后的解吸气也送出界外;

e) 升压过程

利用吸附床顶部气体对预处理吸附塔进行升压,使压力均衡,为转为下一次吸附做准备,

预处理步骤中至少有一个预处理吸附塔处于再生状态,至少有一个预处理吸附塔处于吸附状态。

3. 如权利要求1所述的火驱采油中次生气的净化回收方法,其特征在于,所述变压吸附脱碳步骤中当吸附塔中吸附杂质的传质区前沿到达床层出口预留段某一位置时,停止吸附,转入再生过程,吸附剂的再生过程依次如下:

a. 均压降压过程

吸附过程结束后,顺着吸附方向将塔内的较高压力的气体放入其它已完成再生的较低压力吸附塔的过程,本流程共包括了三次连续的均压降压过程;

b. 逆放过程

在均压结束、传质区前沿已达到床层出口后,逆着吸附方向将吸附塔压力降至接近常压,此时被吸附的CO<sub>2</sub>开始从吸附剂中大量解吸出来,将解吸气放空;

c. 真空过程

逆放结束后,用真空泵对床层抽真空,进一步降低吸附质组分的分压,并将吸附质解吸出来,解吸气放空;

d. 均压升压过程

真空过程完成后,用来自其它吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压,本流程共包括了连续三次均压升压过程;

f. 产品气升压过程

在三次均压升压过程完成后,通过升压调节阀缓慢而平稳地用富CH<sub>4</sub>气体对吸附塔压力升至吸附压力;

多个吸附塔交替进行以上的吸附、再生操作,始终有1个吸附塔处于吸附状态,即实现次生气体中的CO<sub>2</sub>脱除。

4. 如权利要求1所述的火驱采油中次生气的净化回收方法,其特征在于,所述变压吸附脱氮步骤中当吸附塔中吸附杂质的传质区前沿到达床层出口预留段某一位置时,停止吸附,转入再生过程,吸附剂的再生过程依次如下:

a. 顺放过程

吸附终了顺着吸附方向降低压力,将气体放入原料气缓冲罐,此过程顺放高浓度的N<sub>2</sub>;

b. 均压降压过程

在吸附过程结束后,顺着吸附方向将塔内的较高压力的气体放入其它已完成再生的较低压力吸附塔,本流程共包括了三次连续的均压降压过程;

c. 反冲洗降压过程

在第三次均压降压过程结束后,利用产品CH<sub>4</sub>对吸附床进行反向冲洗,以此提高CH<sub>4</sub>浓度;

d. 逆放过程

在均压结束、传质区前沿已达到床层出口后,逆着吸附方向将吸附塔压力降至接近常压,此时被吸附的CH<sub>4</sub>开始从吸附剂中大量解吸出来,解吸气去逆放缓冲罐;

e. 真空过程

逆放结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵对床层抽真空,进一步降低吸附质组分的分压,并将吸附质解吸出来,解吸气去真空缓冲罐;

f. 反冲洗过程

利用反冲洗气对吸附床进行升压,充分回收CH<sub>4</sub>;

g. 均压升压过程

反冲洗过程完成后,用来自其它吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压,本流程共包括了连续三次均压升压过程;

h. 产品气升压过程

在三次均压升压过程完成后,通过升压调节阀缓慢而平稳地用富N<sub>2</sub>气体对吸附塔压力升至吸附压力;

吸附塔交替进行以上的吸附、再生操作,并且始终有1个吸附塔处于吸附状态,即实现

火驱次生气体中的CH<sub>4</sub>的回收。

5. 如权利要求1所述的火驱采油中次生气的净化回收方法,其特征在于,预处理吸附剂为活性炭类吸附剂,脱碳吸附剂为硅胶类吸附剂,脱氮吸附剂为活性炭类吸附剂。

## 一种火驱采油中次生气的净化回收方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及尾气处理技术领域,特别涉及一种火驱采油中次生气的净化回收方法。

### 背景技术

[0002] 目前,随着火驱采油技术规模的不断扩大,火驱次生气产出量不断增加,所产生的火驱次生气含有的可燃气体比例较低,范围在3~15%(v)之间,不能作为燃料直接燃烧,而采用集中排放的方式处理。气体的集中外排,造成周围环境污染和能源浪费,对员工的身体造成一定伤害,存在严重安全隐患,需要对火驱次生气进行治理。

[0003] 火驱次生气的主要组成是 $N_2$ 、 $CO_2$ 和以 $CH_4$ 为主的烃类,还包括一些 $C_5^+$ 的重烃类杂质。其中,可燃气体含量低, $N_2$ 含量高、 $CO_2$ 含量也较高。据监测,大部分次生气中氮气含量达到70%(v)以上, $CO_2$ 含量也超过10%(v)。由于以上的特点,给次生气的进一步分离处理带来很大的难度。

[0004] 目前,油田次生气分离的方法有很多,主要有变压吸附、深冷、膜分离、化学吸收等方法,与深冷、膜分离、化学吸收等气体分离与提纯技术相比,变压吸附技术在 $CH_4/N_2/CO_2$ 分离中具有较大优势。

### 发明内容

[0005] 本发明提供了一种油田火驱采油过程中所产生的火驱次生气的净化回收方法,能够对火驱次生气中的 $CH_4$ 气体进行有效分离和提纯。

[0006] 本发明为解决技术问题主要通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种火驱采油中次生气的净化回收方法,所述次生气主要包括 $N_2$ 、 $CO_2$ 和 $CH_4$ ,还包括 $C_5^+$ 重烃类杂质,所述方法主要包括以下步骤:

[0008] 1)预处理步骤

[0009] 将火驱次生气进行气液分离后,进入原料气压缩机增压至0.6MPa后,原料气体自预处理系统的预处理吸附塔底进入预处理吸附塔,在活性炭类吸附剂的选择性吸附下,除去原料气中的大部分 $C_5^+$ 重烃类杂质。净化后的气体去变压吸附脱碳系统。

[0010] 预处理步骤包括:

[0011] a)吸附过程

[0012] 常温下,原料气中 $C_5^+$ 重烃类杂质在预处理吸附塔中被吸附下来,当预处理吸附塔吸附饱和后即转入以下再生过程。

[0013] b)逆放过程

[0014] 将预处理吸附塔的压力通过逆放泄压,降低压力。逆放气回原料气缓冲罐。

[0015] c)加热脱附杂质

[0016] 采用 $N_2$ 气体作为再生气源并加热至200℃,逆着吸附方向吹扫吸附层,使吸附杂质在加温下得以完全脱附,将再生气冷却分离烃后的排出。

[0017] d)冷却吸附剂

[0018] 脱附完毕后,停止加热再生气,用常温再生气逆着进气方向吹扫吸附床层,使之冷却至吸附温度,吹冷后的解吸气也送出界外。

[0019] e)升压过程

[0020] 利用吸附床顶部气体对预处理吸附塔进行升压,使压力均衡,为转为下一次吸附做准备。

[0021] 预处理步骤中至少有一个预处理吸附塔处于再生状态,至少有一个预处理吸附塔处于吸附状态。

[0022] 2)变压吸附脱碳步骤

[0023] 除油后的原料气进入变压吸附脱碳系统,在吸附塔中原料气中的CO<sub>2</sub>被硅胶类吸附剂选择吸附下来,混合气中的二氧化碳通过真空泵脱出放空,顶部气体再进入变压吸附脱氮系统。

[0024] 当吸附塔中吸附杂质的传质区前沿(称为吸附前沿)到达床层出口预留段某一位置时,停止吸附,转入再生过程。

[0025] 吸附剂的再生过程依次如下:

[0026] a.均压降压过程

[0027] 这是在吸附过程结束后,顺着吸附方向将塔内的较高压力的气体放入其它已完成再生的较低压力吸附塔的过程,这一过程不仅是降压过程更是回收塔内CH<sub>4</sub>、提高CH<sub>4</sub>收率的过程,本流程共包括了三次连续的均压降压过程。

[0028] b.逆放过程

[0029] 在均压结束、吸附前沿已达到床层出口后,逆着吸附方向将吸附塔压力降至接近常压,此时被吸附的CO<sub>2</sub>开始从吸附剂中大量解吸出来,解吸气放空。

[0030] c.真空过程

[0031] 逆放结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵对床层抽真空,进一步降低吸附质组分的分压,并将吸附质解吸出来,解吸气放空。

[0032] d.均压升压过程

[0033] 真空过程完成后,用来自其它吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压,这一过程与均压降压过程相对应,不仅是升压过程,而且也是回收其它塔的床层死空间气体的过程,本流程共包括了连续三次均压升压过程。

[0034] f.产品气升压过程

[0035] 在三次均压升压过程完成后,为了使吸附塔可以平稳地切换至下一次吸附并保证产品纯度在这一过程中不发生波动,需要通过升压调节阀缓慢而平稳地用富CH<sub>4</sub>气体对吸附塔压力升至吸附压力。

[0036] 经这一过程后吸附塔便完成了一个完整的“吸附-再生”循环,又为下一次吸附做好了准备。

[0037] 多个吸附塔交替进行以上的吸附、再生操作,始终有1个吸附塔处于吸附状态,即可实现次生气体中的CO<sub>2</sub>脱除。

[0038] 3)变压吸附脱氮系统

[0039] 来自变压吸附脱碳后的气体进入变压吸附脱氮系统,自吸附塔底部进入吸附塔,

活性炭类吸附剂吸附 $\text{CH}_4$ , 变压吸附脱氮系统将混合气体中的氮气脱除, 富甲烷气通过抽真空出系统, 送入缓冲气罐后经甲烷压缩机压缩至 $0.35\text{MPa}\cdot\text{G}$ 送出界区。

[0040] 当吸附塔中吸附杂质的传质区前沿(称为吸附前沿)到达床层出口预留段某一位置时, 停止吸附, 转入再生过程。

[0041] 吸附剂的再生过程依次如下:

[0042] a、顺放过程

[0043] 吸附终了顺着吸附方向降低压力, 将气体放入原料气缓冲罐。此过程顺放高浓度的 $\text{N}_2$ , 以此提高 $\text{CH}_4$ 浓度。

[0044] b、均压降压过程

[0045] 这是在吸附过程结束后, 顺着吸附方向将塔内的较高压力的气体放入其它已完成再生的较低压力吸附塔的过程, 这一过程不仅是降压过程更是回收塔内 $\text{CH}_4$ 、提高 $\text{CH}_4$ 收率的过程, 本流程共包括了三次连续的均压降压过程。

[0046] c、反冲洗降压过程

[0047] 在第二次均压降压过程结束后, 利用产品 $\text{CH}_4$ 对吸附床进行反向冲洗, 以此提高 $\text{CH}_4$ 浓度。

[0048] d、逆放过程

[0049] 在均压结束、吸附前沿已达到床层出口后, 逆着吸附方向将吸附塔压力降至接近常压, 此时被吸附的 $\text{CH}_4$ 开始从吸附剂中大量解吸出来, 解吸气去逆放缓冲罐。

[0050] e、真空过程

[0051] 逆放结束后, 为使吸附剂得到彻底的再生, 用真空泵对床层抽真空, 进一步降低吸附质组分的分压, 并将吸附质解吸出来。解吸气去真空缓冲罐。

[0052] f、反冲洗过程

[0053] 利用反冲洗气对吸附床进行升压, 充分回收 $\text{CH}_4$ 。

[0054] g、均压升压过程

[0055] 反冲洗过程完成后, 用来自其它吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压, 这一过程与均压降压过程相对应, 不仅是升压过程, 而且也是回收其它塔的床层死空间气体的过程, 本流程共包括了连续三次均压升压过程。

[0056] h、产品气升压过程

[0057] 在五次均压升压过程完成后, 为了使吸附塔可以平稳地切换至下一次吸附并保证产品纯度在这一过程中不发生波动, 需要通过升压调节阀缓慢而平稳地用富 $\text{N}_2$ 气体对吸附塔压力升至吸附压力。

[0058] 经这一过程后吸附塔便完成了一个完整的“吸附-再生”循环, 又为下一次吸附做好了准备。

[0059] 吸附塔交替进行以上的吸附、再生操作, 并且始终有1个吸附塔处于吸附状态, 即可实现火驱次生气体中的 $\text{CH}_4$ 的回收。

[0060] 本发明中对火驱采油中产生的次生气体采用变压吸附净化回收, 通过优化工艺流程, 能够有效地将次生气体中的 $\text{CH}_4$ 进行浓缩回收, 产品气浓度高, 得到纯度大达90-99.999%的 $\text{CH}_4$ , 工艺流程短, 并且解决了二氧化碳和氮气难分离的问题,

## 附图说明

- [0061] 图1为预处理流程  
 [0062] 图2为变压吸附脱碳流程  
 [0063] 图3为变压吸附脱氮流程

## 具体实施方式

[0064] 以1000Nm<sup>3</sup>/h火驱尾气的净化回收方法为例

[0065] 1、原料气条件

[0066] 原料气:火驱尾气(干基)

[0067]

组成	O2	N2	C1	C2	C3	iC4
含量%	1.23	70.15	12.6	0.18	0.31	0.2
组成	nC4	iC5	nC5	C6+	CO2	
含量%	0.27	0.23	0.16	0.44	13.24	

[0068] 压力: 5kPa.g

[0069] 温度: 40℃

[0070] 流量: ~1000Nm<sup>3</sup>/h

[0071] 2、产品天然气规格

[0072] 浓度: ≥ 60%

[0073] 天然气压力: ≥ 0.35MPa.G

[0074] 温度: 常温

[0075] 采用预处理加两段变压吸附工艺得到合格的甲烷产品气。

[0076] 工艺流程如下:

[0077] 1)预处理系统

[0078] 来自外界火驱次生气经气液分离后,进入原料气压缩机增压至0.6MPa后,进入预处理系统,原料气夹带的油分被脱除。预处理系统由2台预处理吸附塔、1台电加热炉、1台冷却器、1台气液分离器组成。

[0079] 来自压缩工序的气体自预处理塔底部进入预处理塔,在吸附剂的选择吸附下,原料气中的绝大部分C<sub>5</sub><sup>+</sup>被脱除,再进入变压吸附脱碳系统。预处理的工作过程包括:

[0080] a)吸附过程

[0081] 原料气中C<sub>5</sub><sup>+</sup>重烃类杂质在常温下被吸附下来,净化后的气体去变压吸附脱碳系统。当预处理塔吸附饱和后即转入再生过程。

[0082] b)逆放过程

[0083] 将吸附塔的压力通过逆放泄压,降低压力。逆放气回原料气缓冲罐。

[0084] c)加热脱附杂质

[0085] 本装置采用N<sub>2</sub>气体作为再生气源加热至200℃,逆着吸附方向吹扫吸附层,使吸附杂质在加温下得以完全脱附,再生气冷却分离烃后的送出界外。

[0086] d)冷却吸附剂



[0087] 脱附完毕后,停止加热再生气,用常温再生气逆着进气方向吹扫吸附床层,使之冷却至吸附温度。吹冷后的解吸气也送出界外。

[0088] e) 升压过程

[0089] 利用吸附床顶部气体对它进行升压,是压力均衡,为转为下一次吸附做准备。

[0090] 两台预处理塔始终有1台预处理处于吸附状态,1台处于再生状态。

[0091] 2) 变压吸附脱碳系统

[0092] 除油后的原料气进入变压吸附脱碳系统,将混合气体中的二氧化碳通过真空泵脱出放空,顶部气体再进入变压吸附脱氮系统。

[0093] 在吸附塔中原料气中 $\text{CO}_2$ 被选择性吸附下来。当吸附塔中吸附杂质的传质区前沿(称为吸附前沿)到达床层出口预留段某一位置时,停止吸附,转入再生过程。

[0094] 吸附剂的再生过程依次如下:

[0095] a. 均压降压过程

[0096] 这是在吸附过程结束后,顺着吸附方向将塔内的较高压力的气体放入其它已完成再生的较低压力吸附塔的过程,这一过程不仅是降压过程更是回收塔内 $\text{CH}_4$ 、提高 $\text{CH}_4$ 收率的过程,本流程共包括了三次连续的均压降压过程。

[0097] b. 逆放过程

[0098] 在均压结束、吸附前沿已达到床层出口后,逆着吸附方向将吸附塔压力降至接近常压,此时被吸附的 $\text{CO}_2$ 开始从吸附剂中大量解吸出来,解吸气放空。

[0099] c. 真空过程

[0100] 逆放结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵对床层抽真空,进一步降低吸附质组分的分压,并将吸附质解吸出来,解吸气放空。

[0101] d. 均压升压过程

[0102] 真空过程完成后,用来自其它吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压,这一过程与均压降压过程相对应,不仅是升压过程,而且也是回收其它塔的床层死空间气体的过程,本流程共包括了连续三次均压升压过程。

[0103] e. 产品气升压过程

[0104] 在三次均压升压过程完成后,为了使吸附塔可以平稳地切换至下一次吸附并保证产品纯度在这一过程中不发生波动,需要通过升压调节阀缓慢而平稳地用富 $\text{CH}_4$ 气体对吸附塔压力升至吸附压力。

[0105] 经这一过程后吸附塔便完成了一个完整的“吸附-再生”循环,又为下一次吸附做好了准备。

[0106] 多个吸附塔交替进行以上的吸附、再生操作(始终有1个吸附塔处于吸附状态)即可实现伴生气体中的 $\text{CO}_2$ 脱除。

[0107] 3) 变压吸附脱氮系统

[0108] 变压吸附脱氮系统,将混合气体中的氮气脱除,富甲烷气通过抽真空出系统,送入缓冲气罐后经甲烷压缩机压缩至 $0.35\text{MPa}\cdot\text{G}$ 送出界区。

[0109] 来自脱碳气体自吸附塔底部进入吸附塔。当吸附塔中吸附杂质的传质区前沿(称为吸附前沿)到达床层出口预留段某一位置时,停止吸附,转入再生过程。

[0110] 吸附剂的再生过程依次如下:

[0111] a. 顺放过程

[0112] 吸附终了顺着吸附方向降低压力,将气体放入原料气缓冲罐。此过程顺放高浓度的 $N_2$ ,以此提高 $CH_4$ 浓度。

[0113] b. 均压降压过程

[0114] 这是在吸附过程结束后,顺着吸附方向将塔内的较高压力的气体放入其它已完成再生的较低压力吸附塔的过程,这一过程不仅是降压过程更是回收塔内 $CH_4$ 、提高 $CH_4$ 收率的过程,本流程共包括了三次连续的均压降压过程。

[0115] c. 反冲洗降压过程

[0116] 在二均结束,利用产品 $CH_4$ 对吸附床进行反向冲洗,以此提高 $CH_4$ 浓度。

[0117] d. 逆放过程

[0118] 在均压结束、吸附前沿已达到床层出口后,逆着吸附方向将吸附塔压力降至接近常压,此时被吸附的 $CH_4$ 开始从吸附剂中大量解吸出来,解吸气去逆放缓冲罐。

[0119] e. 真空过程

[0120] 逆放结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵对床层抽真空,进一步降低吸附质组分的分压,并将吸附质解吸出来。解吸气去真空缓冲罐。

[0121] f. 反冲洗过程

[0122] 利用反冲洗气对吸附床进行升压,充分回收 $CH_4$ 。

[0123] g. 均压升压过程

[0124] 反冲洗过程完成后,用来自其它吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压,这一过程与均压降压过程相对应,不仅是升压过程,而且也是回收其它塔的床层死空间气体的过程,本流程共包括了连续三次均压升压过程。

[0125] h. 产品气升压过程

[0126] 在五次均压升压过程完成后,为了使吸附塔可以平稳地切换至下一次吸附并保证产品纯度在这一过程中不发生波动,需要通过升压调节阀缓慢而平稳地用富 $N_2$ 气体对吸附塔压力升至吸附压力。

[0127] 经这一过程后吸附塔便完成了一个完整的“吸附-再生”循环,又为下一次吸附做好了准备。

[0128] 多个吸附塔交替进行以上的吸附、再生操作(始终有1个吸附塔处于吸附状态)即可实现伴生气体中的 $CH_4$ 的回收。

[0129] 本发明中对火驱采油所产生的次生气进行的净化回收方法,解决了长期困扰的油田次生气的污染问题,同时将次生气中的有害气体变废为宝,实现了天然气的高纯度回收,该方法适合在火驱采油中推广应用,具有非常高的经济效益和社会效益,符合国家减排节能的政策。

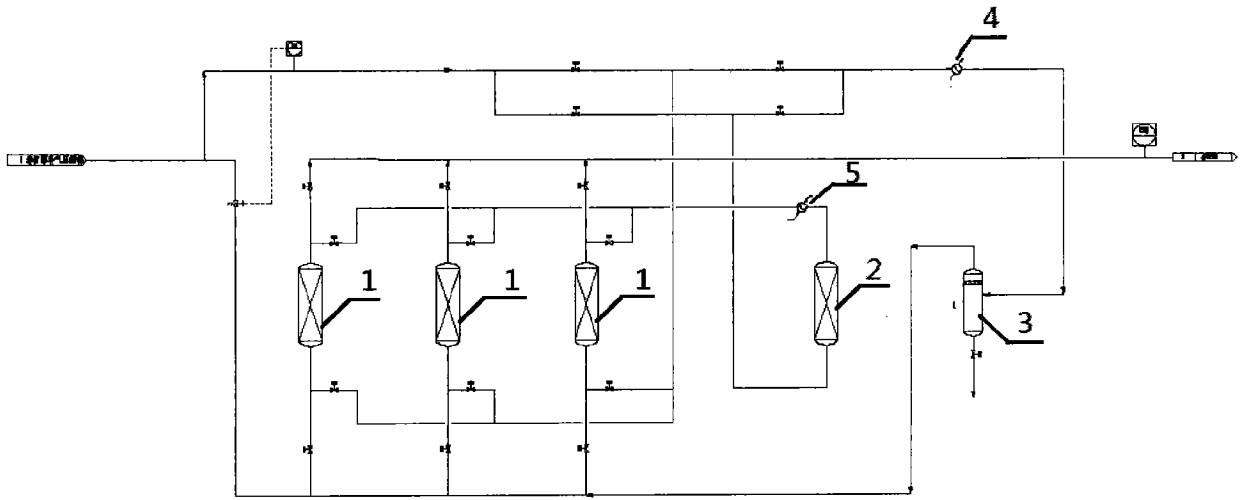


图1

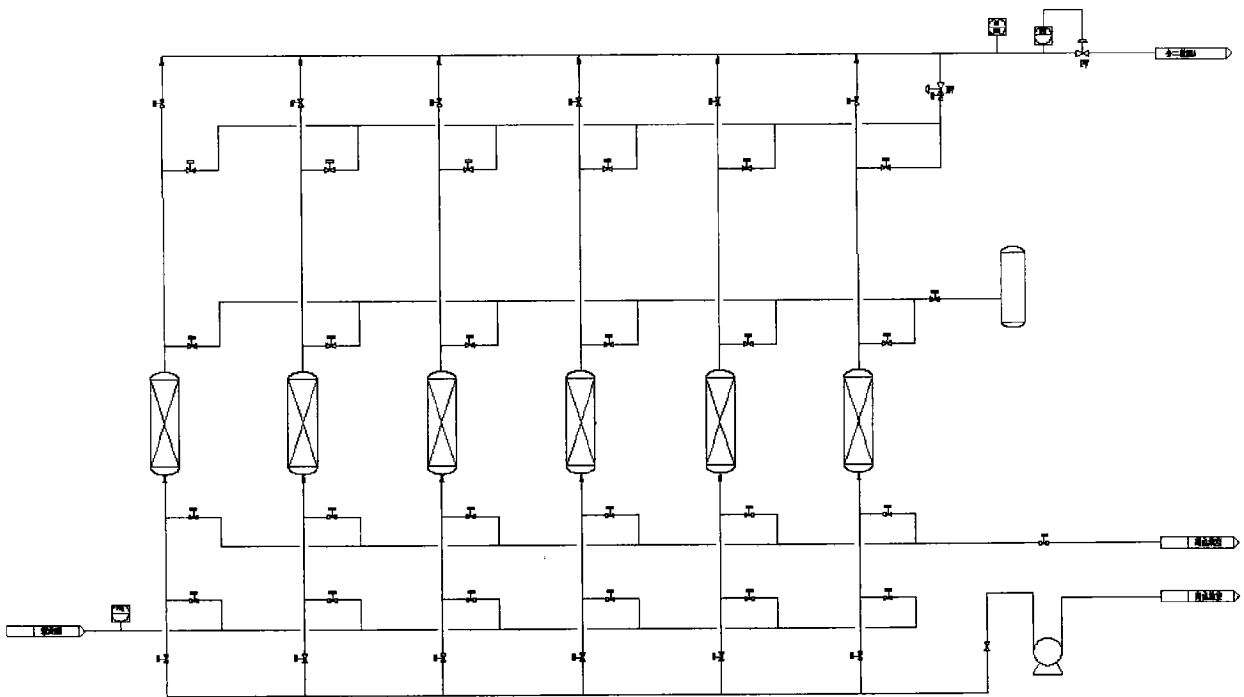


图2

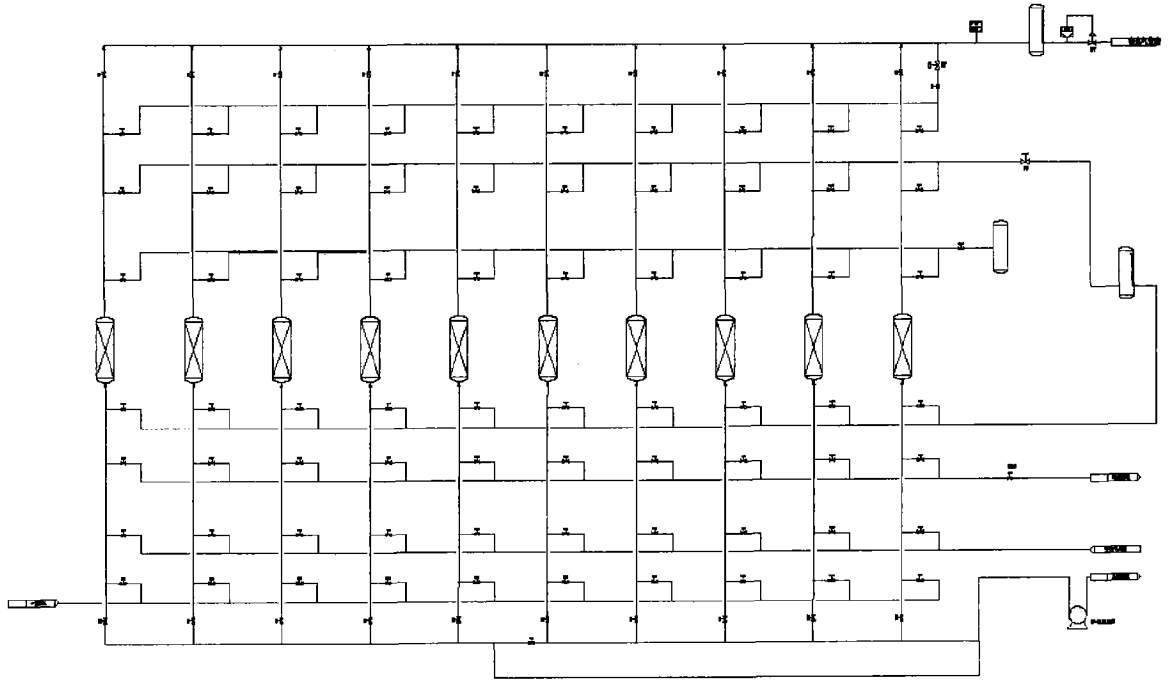


图3