



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111981760 B

(45) 授权公告日 2021.09.28

(21) 申请号 202010896752.6

审查员 何楚

(22) 申请日 2020.08.31

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111981760 A

(43) 申请公布日 2020.11.24

(73) 专利权人 乔治洛德方法研究和开发液化空气有限公司
地址 法国巴黎奥赛堤岸75号

(72) 发明人 肖鸾 曾庆华 高飞

(74) 专利代理机构 上海元好知识产权代理有限公司 31323

代理人 贾慧琴 包姝晴

(51) Int. Cl.

F25D 21/12 (2006.01)

A23L 3/365 (2006.01)

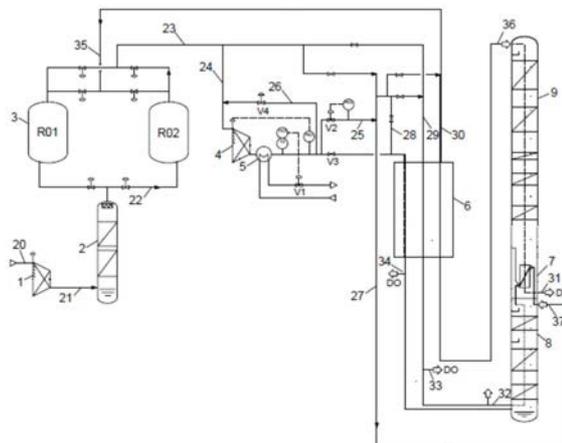
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种低温空分装置的加温解冻方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低温空分装置的加温解冻方法。首先启动空气压缩机，预冷系统和净化系统，取净化系统出口处的加温气进行加温吹扫，直到空分装置的大部分达到0℃；随后启动空气增压机，将至少部分上述加温气经空气增压机压缩，减压阀减压后，输入空分装置中温度未达到0℃的部分，例如主冷凝蒸发器，进一步对其加温解冻。减少空气增压机后冷却器中冷却水的回水流量，使得空气增压机出口处的加温气升温至50~60℃，显著高于净化系统出口处的加温气温度，从而加速加温解冻过程。当低温空分装置所有的设备和管线都升温到约0℃，加温解冻完成。本发明采用一种简单、节能、方便的方法提供更高温度的加温气，达到减少加温解冻时间的效果。



1. 一种低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,包含:

a) 提供一低温空分装置,所述装置包括将原料空气加压、预冷、净化的空气压缩机,预冷系统,分子筛净化系统以及下游的主热交换器、空气增压机,至少一个包含冷凝蒸发器的精馏空分塔和相应的管道系统,需要在低温下运行的设备皆安置在冷箱中;

b) 在上述低温空分装置停车排液后,将管道系统中用于加温吹扫的管线打开,运行空气压缩机、预冷系统和净化系统,利用温度为T1的取自净化系统出口的干燥空气F1对主热交换器和精馏空分塔进行加温吹扫,直至所述低温空分装置达到第一解冻状态;

c) 运行空气增压机,将至少部分F1输入空气增压机,采用温度为T2的取自空气增压机出口的干燥空气F2对冷凝蒸发器进一步吹扫,直至所述低温空分装置达到第二解冻状态;

d) 加温完成,关闭用于加温吹扫的管线;

e) 其中,空气增压机包含采用冷却水冷却的后冷却器,控制冷却水回水流量来调节T2,且 $T2 > T1$ 。

2. 如权利要求1所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,第一解冻状态是指主热交换器和/或精馏空分塔的塔身经加温吹扫后温度达到预设的温度 t_1 。

3. 如权利要求1所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,第二解冻状态是指冷凝蒸发器经加温吹扫后温度达到预设的温度 t_1 。

4. 如权利要求2或3所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于, t_1 等于 0°C 。

5. 如权利要求1所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,T1等于环境温度。

6. 如权利要求1所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,T2等于 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

7. 如权利要求1所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,F1和/或F2经减压阀减压后作为加温气送入主热交换器和/或精馏空分塔。

8. 如权利要求7所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,F1和/或F2经减压阀减压后的压力小于精馏空分塔的设计压力。

9. 如权利要求8所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,F1和/或F2经减压阀减压后的压力为 $3\text{ barg}-5\text{ barg}$ 。

10. 如权利要求1所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,在步骤c)中,保持空气增压机的回流阀打开,从而使空气增压机在达到稳定后的输出压力为最低。

11. 如权利要求1所述的低温空分装置的加温解冻方法,其特征在于,冷却水回水流量通过位于冷却水回路上的回水阀门来调节,当回水阀门的开度减少时,温度T2升高。

一种低温空分装置的加温解冻方法

技术领域

[0001] 本发明涉及低温空分装置的加温吹扫方法,特别是提供高温加温气的方法。

背景技术

[0002] 低温空分装置经过长期运转,精馏系统的低温设备和流体管道可能会因冰、干冰或机械粉末在内部沉积(均属于堵塞组分)导致阻力逐渐增大。因此,空分装置运转一段时间后,应对精馏系统进行加温吹扫以去除这些堵塞组分。此外,在空分装置发生分子筛吸附器进水、主热交换器进水等故障时,也必须进行停车加温。加温时应使装置的各部分的温度缓慢而均匀回升、以免由于温差过大形成应力、使设备或管道损坏。所有的测量、分析及仪表信号管亦必须彻底加温和吹扫。

[0003] 公开号为CN204128276U的中国实用新型提供了一种制氧机快速加温装置,通过增设加温控制系统,利用空气管网中的压力空气给制氧机加温,虽然解决了由空压机产生的压缩空气作为加温气体的空气放散问题,但是不适用于附近没有空气管网的情形。

[0004] 公布号为CN109163506A的中国发明专利申请公开了将空气增压机后抽取的净化空气,经后冷却器冷却后分成两股,一股直接送入冷箱的主换热器,另一股作为装置自身的仪表空气和加温解冻气源以及自洁式过滤器反吹气源。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是如何利用低温空分装置的现有设备,为其加温解冻提供一种高效、节能、方便的方法。

[0006] 本发明公开了一种低温空分装置的加温解冻方法,所述的装置包括将原料空气加压、预冷、净化的空气压缩机,预冷系统,分子筛净化系统以及下游的主热交换器、空气增压机,至少一个包含冷凝蒸发器的精馏空分塔和相应的管道系统,需要在低温下运行的设备皆安置在冷箱中;方法的步骤包括:在上述低温空分装置停车排液后,将管道系统中用于加温吹扫的管线打开,运行空气压缩机、预冷系统和净化系统,利用温度为 T_1 的取自净化系统出口的干燥空气 F_1 对主换热器和精馏空分塔进行加温吹扫,直至所述低温空分装置达到第一解冻状态;下一步运行空气增压机,将至少部分 F_1 输入空气增压机,采用温度为 T_2 的取自空气增压机出口的干燥空气 F_2 对冷凝蒸发器进一步吹扫,直至所述低温空分装置达到第二解冻状态;第三步加温完成,关闭用于加温吹扫的管线,可选地关停空气压缩机和空气增压机;其中,空气增压机包含采用冷却水冷却的后冷却器,控制冷却水回水流量来调节 T_2 ,且 $T_2 > T_1$ 。

[0007] 本方法中的第一解冻状态是指主热交换器和/或精馏空分塔的塔身经加温吹扫后温度达到预设的温度 t_1 。第二解冻状态是指冷凝蒸发器经加温吹扫后温度达到预设的温度 t_1 。 t_1 约等于 0°C 。

[0008] 可选地, T_1 约等于环境温度; T_2 约等于 $50\sim 60^\circ\text{C}$ 。

[0009] 可选地, F_1 和/或 F_2 经减压阀减压后的压力小于精馏空分塔的设计压力。二者作为

加温气送入主换热器和/或精馏空分塔。

[0010] 可选地, F1和/或F2经减压阀减压后的压力为3barg-5barg。

[0011] 可选地, 保持空气增压机的回流阀打开, 从而使空气增压机在达到稳定后的输出压力为最低。

[0012] 可选地, 冷却水回水流量通过位于冷却水回路上的回水阀门来调节, 当回水阀门的开度减少时, 温度T2升高。

[0013] 本发明将低温空分装置的加温解冻过程分为两个阶段, 在第一阶段, 使用温度较低的取自净化系统出口的干燥空气对低温空分装置进行加温吹扫, 保证加温过程缓慢、均匀, 避免因急速升温而对设备可能造成的损害。

[0014] 当低温空分装置的大部分, 包含主热交换器, 精馏空分塔中除冷凝蒸发器之外的管道和设备, 升温到预定的温度时, 开启加温解冻过程的第二阶段, 使用温度较高的取自空气增压机出口的干燥空气对低温空分装置中解冻程度较低的设备, 例如冷凝蒸发器或可选的粗氩塔等进行加温吹扫, 从而提高了加温吹扫的效率, 减少了所需的时间。

[0015] 在本发明中, 空气增压机出口的干燥空气, 其温度调节通过控制增压机后冷却器中冷却水的回流量来实现。与现有技术中使用额外的加热器加热干燥空气相比, 操作简便, 同时节省投资、减少能耗。

附图说明

[0016] 本公开中的附图仅作为对本发明的示意, 供理解和解释本发明的精神, 但在任何方面对本发明加以限定。

[0017] 图1是加温解冻过程的设备流程图。

具体实施方式

[0018] 在本发明中, 需要理解的是, 术语“上”“下”“前”“后”“垂直”“平行”“顶”“底”“内”“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系, 仅是为了便于描述本发明, 而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作, 因此不能理解为对本发明的限制。

[0019] 如无特别说明, 本文中出现的类似于“一”的限定语并非是指对数量的限定, 而是描述相区别的技术特征。同样地, 本文中在数词前出现的类似于“大约”“近似地”的修饰语通常包含本数, 并且其具体的含义应当结合上下文意理解。同样地, 除非是有特定的数量量词修饰的名词, 否则在本文中应当视作即包含单数形式又包含复数形式, 在该技术方案中既可以包括单数个该技术特征, 也可以包括复数个该技术特征。

[0020] 在本发明中, 除非另有明确的规定和限定, 术语“安装”“相连”“连接”“连通”“固定”等术语应做广义理解, 例如, 可以是固定连接, 也可以是可拆卸连接, 或成一体; 可以是机械连接, 也可以是电连接; 可以是直接相连, 也可以通过中间媒介间接连接, 可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言, 可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0021] “低温空分装置”是以空气为原料, 通过压缩循环深度冷冻的方法把空气变成液态, 再经过精馏而从液态空气中分离出氧气、氮气及氩气等惰性气体的装置。低温空分装置

主要由原料空气压缩机、预冷系统、分子筛净化系统、空气增压机、膨胀机、主热交换器、精馏空分塔等组成。此处的“塔”意指一蒸馏或分馏塔或区，其中液相和气相逆流接触以有效地分离流体混合物。精馏空分塔可只包含一个塔，较常见地包含两个塔。本公开中的“一塔”的操作压力一般为5~6.5Bar A，高于“二塔”的一般操作压力1.1~1.5Bar A。二塔可以垂直地安装在一塔顶部或两个塔并排安装。位于一塔顶部的冷凝蒸发器指从塔中液体产生蒸气的热交换装置，一般包含浸浴式冷凝器和降膜式冷凝器，由于它们具有紧凑的板和通道的结构，所以在解冻时比精馏塔的其他组成部分升温更慢。可选择地，低温空分装置还包含粗氩塔，精氩塔，过冷器等设备。空分装置在运行时可以达到-150℃~-180℃的低温，因此低温设备都安置在绝热的冷箱中。

[0022] 低温空分装置中的管道系统包括工艺流体管道和加温吹扫的管线。在有两个精馏空分塔的情况下，工艺流体管道一般包括至少一污氮管道和一原料空气管道，其中，所述污氮管道与所述精馏塔的二塔连接，所述原料空气管道与所述精馏塔的一塔连接。“污氮”指氮气含量不低于95摩尔百分比的气态流体。出于节约成本，简化设计安装的考虑，可以通过在不同的工艺流体管道上增加支路的方式分别连接加温通道线和吹扫管线，而不是在精馏塔上增设专门用于加温和吹扫的管线。如此在空分装置正常运行时，关闭所述支路上的阀门，使得加温通道线和吹扫管线处于备用状态；当需要进行加温吹扫时，关闭工艺流体管道上的阀门，打开所述支路上的阀门，使得加温通道线和吹扫管线处于工作状态，将加温气导入对应的加温通道线，分别对主热交换器、精馏塔一塔和精馏塔二塔进行吹扫，之后将吹除杂质经所述吹扫管线排入大气。

[0023] 本文中的加温使用清洁干空气作为加温气体对低温空分装置进行清扫以脱除所有积聚的水分、二氧化碳和机械粉末等杂质。原料空气经过空气压缩机升压至3~6barg，再经预冷系统，一般为水冷塔，冷却至14~15℃后输入分子筛纯化系统。分子筛纯化系统出口处的空气为温度在22~25℃之间的清洁干空气。在常规运行中，这股清洁干空气经下游的主热交换器冷却，空气增压机增压，膨胀机膨胀制冷后输入精馏空分塔。在加温解冻过程中，分子筛纯化系统出口处的温度为T1，流量为F1的清洁干空气直接通过加温通道线，可选择地经主热交换器进入精馏空分塔。

[0024] 在正常运行中，空气增压机将3~6barg的清洁干空气继续升压至15~60barg。这一压缩过程一般通过多级压缩完成，在各级压缩之后分别设有中间冷却器和后冷却器，以冷却空气流的温度，提高压缩机的能效。常见的冷却器利用流动在冷却水回路中的冷却水实现冷却的功能，冷却的效果取决于冷却水的流量和温度。冷却水的温度一般为20~30℃，流量通过设置在冷却水回路上的回水阀门来调节，当回水阀门的开度减小，冷却水流量减小，冷却效果降低，相应地输出的空气流的温度则升高。

[0025] 加温解冻必须在空分装置停车大排液后进行。在第一阶段，将管道系统中相应的工艺流体管道的阀门关闭，将相应的加温吹扫管线进入主热交换器和精馏空分塔的阀门打开。重新启动空气压缩机、预冷系统和纯化系统，在纯化系统的出口处得到温度为T1，流量为F1的洁净干空气，可选择地从热端输入主热交换器的各流体通道，然后分别通入精馏空分塔的一塔，二塔，包含位于二塔底部的主冷凝蒸发器，最后从吹扫管线排出至大气。T1一般在22~25℃的区间范围，也会受环境温度影响。在吹扫管道的出口处测量吹扫气的温度，当这一温度在0℃左右时，标志着达到第一解冻状态，此时主热交换器和精馏空分塔的

大部分设备温度都在0℃附近。主冷凝蒸发器由于结构的关系,温度更低,可能仍然在-50℃左右。达到第一解冻状态一般需要10小时。

[0026] 在加温吹扫的第二阶段,进一步启动空气增压机。将流出纯化系统的流量为F1的洁净干空气全部或部分输入空气增压机,并在空气增压机的出口得到温度为T2,流量为F2的洁净干空气。通过调节流经增压机冷却器的冷却水回水流量来控制T2。具体来说,可以在增压机出口的流体管线上设置温度探头TIC2,根据预定的温度控制值电动地或手动地调节回水阀门的开度。正常运行时,T2温度在30~40℃,加温解冻时,减少冷却水回水流量可将T2优选地升高到50~60℃。使用流股F2对温度未达到0℃的设备进一步升温,这类设备一般包含主冷凝蒸发器,或可选地粗氩塔、精氩塔等。当整个低温空分装置的各部分都升温到0℃以上,达到第二解冻状态,加温完成,关闭用于加温吹扫的管线,可选地关停空气压缩机和空气增压机。

[0027] 在加温吹扫过程中,由于不再启动膨胀机对洁净干空气膨胀降温,必要时使用减压阀确保F1和F2的压力都不会超过精馏空分塔的设计压力。两股空气流减压后的压力优选地为3~5barg。基于此,如果增压后F2的压力过高,会造成不必要的能耗。因此在启动增压机时,同时打开它的回流阀,使得出口处一部分的空气回流至空气增压机的入口,运行达到稳定状态后,输出的压力最低,可以在15barg左右。

[0028] 下面根据图1描述本发明的一个实施例。本发明适用于各种不同的低温空分装置及不同的管道系统,因此图1中的实施例是示例性的,而并非对本发明的范围和精神进行任何限制。

[0029] 图1中的一部分加温吹扫管线是单独设置的,在精馏空分塔上有单独的进口;另一部分则与工艺流体管道有部分的重合。所述加温通道线设置有手动阀、切换装置及可选的过滤器,过滤器用于进一步过滤干燥空气,切换装置优选八字盲板,以确保在精馏空分塔正常运行时,不会有干燥空气泄漏到连接的工艺流体管道,而影响其中气体的纯度。优选地,在与低温设备相连的吹扫管线上设置温度探头和吹除阀,温度探头用于测量吹扫气体的温度,吹除阀用于控制吹扫管线的开关。在低温空分装置正常运行时,关闭所述加温通道线上的手动阀和所述吹扫管线上的吹除阀,将切换装置调整为闭路使得加温通道线和吹扫管线处于备用状态;当需要进行加温吹扫时,打开所述加温通道线上的手动阀和所述吹扫管线上的吹除阀,将切换装置调整为通路,使得加温通道线和吹扫管线处于工作状态。

[0030] 如图1所示的低温空分装置,包含两个精馏空分塔,其中二塔9放置在一塔8的上部,两者通过主冷凝蒸发器7以热交换的方式相连通。当停车排液完成后,加温解冻过程开始。原料空气20经空气压缩机1压缩,在水冷塔2中预冷至14~15℃后,输送入纯化系统3以去除其中的杂质、水和CO₂等。常见的纯化系统可选择分子筛纯化系统,也可以是膜净化系统等。当纯化系统为包含R01和R02两个吸附器的分子筛时,在正常运行时,吸附器的再生利用经主热交换器复热的空分产物污氮气35;在加温解冻时,再生气可以从外接管线输入(图1中未标示)。分子筛出口处的洁净干空气温度约为22~25℃。此加温气经总管线23输入各加温管道支线。在加温刚刚启动时,空气增压机4处于停机或低负荷运行状态,阀门V2及V3关闭,没有加温气流向支管线24。加温气经加温管道支线28、29及30从热端进入主热交换器6,此3条支线示意性地代表了主热交换器6中所有需被加温解冻的通路,其中的一些通路出于简化的目的未在图1中标出。流经主热交换器6后,支线28、29中的加温气分别经吹扫线

34、33排入大气中。支线30与污氮气或低压纯氮气的产品管道部分重合，支线30中的加温气于接口36处进入精馏空分塔二塔9的顶部，从上至下加温吹扫整个二塔后，经吹扫线31排入大气中。加温总管线23还连接一条单独设置的加温管道支线27，该支线直接连接到一塔8顶部的入口37。此支线中的加温气对冷凝蒸发器7进行加温解冻，随后至上而下地加温吹扫整个一塔，并于一塔底部的吹扫线32排入大气中。

[0031] 在各吹扫线31~34设置的温度探头实时显示出口处加温气的温度。待加温解冻的空分装置起始温度位于-130~-150℃的区间，加温气吹扫约10小时后，在各吹扫线出口处测得的加温气的温度接近于0℃，唯一的例外是在吹扫线32测得的加温气流股37的出口温度，该温度可能低至-50℃。这是由于该股37流经主冷凝蒸发器7，而主冷凝蒸发器、粗氩塔、精氩塔等具有复杂紧凑结构的设备升温比精馏塔中的其它组成部分慢。此时认为低温空分装置达到第一解冻状态，加温解冻第一阶段完成。

[0032] 为了加快对温度仍然较低的主冷凝蒸发器的解冻，在加温解冻第二阶段，向温度较低的设备中通入温度更高，流量更大的加温气。参见图1，启动或在高负荷下运转空气增压机4，相应地打开阀门V1、V2、V4，保持V3关闭。V4是空气增压机的回流阀，当它打开时，增压机出口处的部分空气回流至增压机入口，达到稳定状态后，增压机出口处的空气压力为出厂设置的最低值或稍高于最低值，例如约15barg。V3关闭，V2打开使得洁净干空气不流入正常运行时的工艺流体管道，而是流入加温管道线25，进而汇合入加温管道线27，经减压阀减压后从一塔8顶部的接口37流入主冷凝蒸发器。可选择地，可将加温管道线28、29、30上的阀门关闭，此时分子筛净化装置出口处所得到的全部洁净干空气经空气增压机处理后通入主冷凝蒸发器7，对其进行更高效地升温解冻。

[0033] 由于压缩空气是一个放热的过程，为防止温度过高的压缩后空气损坏压缩机本身，空气增压机4在各级压缩之后皆配备有冷却器，安装在最后一级压缩之后的冷却器称为后冷却器5。冷却器一般使用流动的冷却水降温。在正常运行时，控制冷却水的温度和流量使得空气增压机出口流股的温度为30~40℃，在本发明中，可以预设一个更高的出口温度T2，采用温度探头TIC2监测空气增压机出口流股的温度，如果该温度低于T2，则采用自动或手动的方式减小冷却水回路上的回水阀门V1的开度，使得更少量的冷却水流经冷却器，冷却效果降低，空气增压机出口流股的温度升高。继续这种调节直到该流股温度等于T2。与采用温度约为环境温度的加温气相比，采用T2约等于50~60℃的加温气，可缩短60,000Nm³/h制氧空分的冷凝蒸发器从-50℃升温到0℃的时间约4-8小时。

[0034] 以冷凝蒸发器温度达到0℃为标志，加温解冻达到第二解冻状态。此时可以关闭用于加温吹扫的管线，并关停相应的设备，例如空气压缩机、净化系统、空气增压机等。

[0035] 以上是本发明实现的一种实施例，但本发明创造并不限于所述实施例，本领域的技术人员根据本文所作的种种等同变型或替换，均包含在本申请权利要求所限定的范围内。

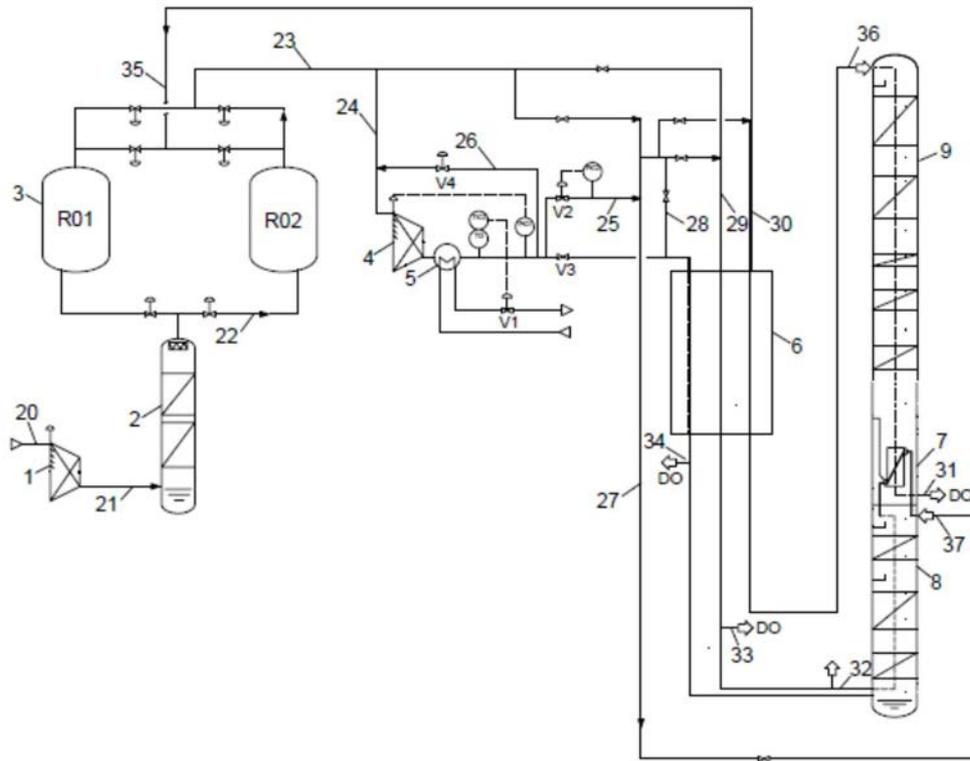


图1