



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113457373 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 01

(21) 申请号 202110834999.X

(22) 申请日 2021.07.23

(71) 申请人 成都华西堂投资有限公司
地址 610000 四川省成都市高新区天宇路2号1栋1层8号

(72) 发明人 杨波 李祎

(51) Int. Cl.
B01D 53/047 (2006.01)
B01D 53/053 (2006.01)
C01B 13/02 (2006.01)

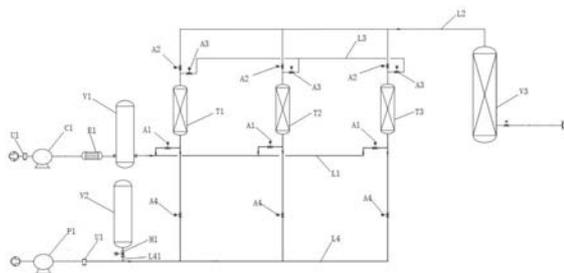
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺及其系统

(57) 摘要

本发明提供了一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,包括鼓风机、真空泵、富氧罐和至少3台吸附塔并联而成的吸附塔组,所述鼓风机在与所述吸附塔组的连接管道上设置有空气缓冲罐,所述真空泵与所述吸附塔组通过真空管道连接,所述真空管道通过分管连接真空缓冲罐;各个吸附塔顺序循环处于吸附、一次均压降、二次均压降、抽真空解吸和冲洗升压的状态。该工艺加大了吸附时间的占比,使吸附剂被充分利用,显著提高了设备工作效率和吸附剂的利用率。



1. 一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,其特征就在于,包括鼓风机、真空泵、富氧罐和至少3台吸附塔并联而成的吸附塔组,所述鼓风机在与所述吸附塔组的连接管道上设置有空气缓冲罐,所述真空泵与所述吸附塔组通过真空管道连接,所述真空管道通过分管连接真空缓冲罐;各个吸附塔顺序循环处于吸附、一次均压降、二次均压降、抽真空解吸和冲洗升压的状态,各状态具体为:

A、吸附:鼓风机将空气经空气缓冲罐送入吸附塔制取氧气并送入富氧罐;

B、一次均压降:吸附塔完成吸附后,停止进气送氧,将本吸附塔剩余气体放入抽真空解吸完成后进入冲洗升压的吸附塔,使本吸附塔内气压降低至 $0\sim 5\text{Kpa}$;

C、二次均压降:吸附塔与真空缓冲罐连通进行二次均压,使吸附塔压力快速降低至 $-25\sim -30\text{Kpa}$;

D、抽真空解吸:对吸附塔抽真空;

E、冲洗升压:回收处于一次均压降的吸附塔内剩余气体,实现本吸附塔压力升高至 $-5\sim 0\text{Kpa}$ 。

2. 根据权利要求1所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,其特征就在于:所述真空缓冲罐在每次进行二次均压降之前已被抽真空。

3. 根据权利要求1所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,其特征就在于:处于冲洗升压的吸附塔通过与所述真空管道的压力差,快速回收一次均压降的吸附塔内剩余气体。

4. 根据权利要求2或者3所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,其特征就在于:所述一次均压降、二次均压降和冲洗升压分别耗时 $1\sim 5\text{s}$ 。

5. 根据权利要求1所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,其特征就在于:所述吸附塔为3-8台,同时间只有一塔处于抽真空解吸,其余吸附塔均处于吸附状态。

6. 根据权利要求5所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,其特征就在于:一个制氧周期的时间为 $T=n\times(t_1+t_2+t_3)$,并按照 t_1 、 t_2 、 t_3 的时间段顺序依次循环;所述吸附塔的数量为 n ,所述二次均压降的时间为 $ED_2=t_1$,所述抽真空解吸的时间为 $V=t_2$,所述一次均压降为 ED_1 ,所述冲洗升压的时间为 ER ,且 $ED_1=ER=t_3$,所述吸附的时间为 $A=(n-1)\times(t_1+t_2+t_3)+t_1+t_2$;所有吸附塔在一个制氧周期的时间 T 内轮流与真空泵连通抽真空实现吸附剂再生,完成一个制氧周期。

7. 根据权利要求6所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,其特征就在于:当时间处于制氧周期的 t_3 段,真空泵对真空缓冲罐抽真空至 $-45\sim -50\text{Kpa}$,在 t_1 段,真空缓冲罐进行二次均压升压至 $-25\sim -30\text{Kpa}$,在 t_2 段,真空缓冲罐关闭,等待下一轮的抽真空和二次均压降。

8. 根据权利要求1所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺的系统,其特征就在于:包括鼓风机、真空泵、富氧罐、富氧管道、均压管道、送风管道、真空管道和至少3台吸附塔,所述吸附塔分别通过程控阀一连接所述送风管道,所述吸附塔分别通过程控阀二连接所述富氧管道,所述富氧管道的出气口连接富氧罐,所述吸附塔分别通过程控阀三连接所述均压管道,所述吸附塔分别通过程控阀四连接所述真空管道,所述真空管道的出风口连接所述真空泵,所述送风管道上设置有空气缓冲罐,所述真空管道通过分管连接真空缓冲罐,所述分管上设置有程控阀五。

9. 根据权利要求8所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺的系统,其特征就在于:所述真空缓冲罐和空气缓冲罐的体积均不小于吸附塔的面积。

10. 根据权利要求8所述高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺的系统,其特征在于:所述鼓风机和真空泵始终保持开启状态,通过多个所述程控阀一的控制,使各个吸附塔在吸附状态时与鼓风机连通;通过多个所述程控阀四的控制,使各个吸附塔轮流在抽真空解析和冲压升压状态时与真空泵连通。

一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及工业制氧技术领域,具体涉及一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺。

背景技术

[0002] 变压吸附法富氧具有投资少、能耗低、设备简单、操作灵活等优点,特别是在中小规模制氧工艺上,大大降低了生产能耗,广泛应用于化工、医药和环保(垃圾焚烧、工业富氧燃烧和废水处理等)领域。其中真空变压吸附工艺(VPSA)运用抽真空方式对吸附剂进行再生,再生效果较好,同时有效减少了冲洗气量,降低了能耗。

[0003] VPSA工艺是以空气为原料,在吸附器内,空气中的水分、二氧化碳和氮气等组分经过下部的分子筛吸附,未被吸附的氧气在吸附塔顶部富积作为产品气输出。现有的吸附塔均压操作是通过塔顶的均压阀门进行的,在这段时间内,吸附塔不能产氧,利用率低,因此,通常设置两个吸附塔,当一只吸附塔产出氧气时,另一只吸附塔处于抽真空再生状态,两只吸附塔交替重复产氧和再生,实现连续抽取氧气,往往工作效率还是不高,吸附剂利用率只有40%。

[0004] 发明专利CN202011054083.4公开了一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,包括均压罐、鼓风机、真空泵、富氧罐和至少3台吸附塔;所述制氧周期中的吸附时间长于抽真空解吸的时间,所有吸附塔按顺序依次与所述均压罐连通顺放均压或连通均压升压,实现吸附塔从吸附到解吸的转换和吸附塔从解吸到吸附的转换。由于该专利的吸附塔与均压罐的压差过小,无法在均压过程中完成对吸附塔内剩余气体的充分回收和压力平衡,导致在每一个吸附周期内均会浪费一部分氧气,降低了装置的生产效率。

[0005] 发明专利CN97107434.8公开了一种多塔负压变压吸附气体分离方法,吸附塔在运行时工作程序依次包括吸附,均压降压,抽负压,均压升压,终充升压五个步骤。有负压缓冲罐连接在解吸气总管上使抽真空步骤在整个工艺流程中连续。工作时,处于吸附状态的吸附塔数为吸附塔总数减2。该专利方法只适用于5塔以上的设备,无法用于3塔和4塔;另一方面,在均压降压和均压升压这两个步序时只能靠吸附塔本身的压力进行均压,当均压到后期时两塔之间压差变小,吸附塔之间的气体流动速度将变慢,导致均压速度变慢,且不能完全实现在均压降压时对吸附塔内剩余气体的回收,不能充分提高吸附剂的利用效率。同时,由于单纯的塔间均压无法使均压升压的吸附塔内压力达到吸附时的需要,该专利在塔间均压后增加了终充升压,即采用产品气回充吸附塔来提高塔内压力,均压时间过长,这是因为终充升压以吸附塔的压力为初始值,通过调节调节阀的开度变化,使吸附塔压力达到吸附塔出口压力的回路控制,调节阀是可输出不同开度的阀门,动作反应慢,而变压吸附制氧系统往往压力低,管线大,每一步序时间短,频率快,要求阀门能快速反应,调节阀无法满足工艺设备快速反应的需求,无法实现快速均压。

发明内容

[0006] 针对上述技术问题,本发明提供了一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺。该工艺

加大了吸附时间的占比,使吸附剂被充分利用,显著提高了设备工作效率和吸附剂的利用率。

[0007] 为了实现发明目的,本发明采用的技术方案是:

[0008] 一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,包括鼓风机、真空泵、富氧罐和至少3台吸附塔并联而成的吸附塔组,所述鼓风机在与所述吸附塔组的连接管道上设置有空气缓冲罐,所述真空泵与所述吸附塔组通过真空管道连接,所述真空管道通过分管连接真空缓冲罐;各个吸附塔顺序循环处于吸附、一次均压降、二次均压降、抽真空解吸和均压升压的状态,各状态具体为:

[0009] A、吸附:鼓风机将空气经空气缓冲罐送入吸附塔制取氧气并送入富氧罐;

[0010] B、一次均压降:吸附塔完成吸附后,停止进气送氧,将本吸附塔剩余气体放入至抽真空解吸完成后进入冲洗升压的吸附塔,使本吸附塔内气压降低至0~5Kpa;

[0011] C、二次均压降:吸附塔与真空缓冲罐连通进行二次均压,使吸附塔压力快速降低至-25~-30Kpa;

[0012] D、抽真空解吸:对吸附塔抽真空;

[0013] E、冲洗升压:回收处于一次均压降的吸附塔内剩余气体,实现本吸附塔压力升高至-5~0Kpa。

[0014] 本发明所述真空缓冲罐在每次进行二次均压降之前已被抽真空。

[0015] 本发明根据真空泵设备效率曲线,当真空泵入口压力波动范围变小时,真空泵的利用效率越高,当真空泵入口压力波动范围变大时,真空泵的利用效率越低,设备电耗越高。真空缓冲罐在二次均压降之前已被抽真空,为二次均压降作好准备,吸附塔内压力可被快速均压至-25~-30Kpa,使抽真空吸附塔内初始压力起点更低,真空入口压力波动越小,真空泵的利用效率越高,设备电耗小,更加节能。

[0016] 本发明处于冲洗升压的吸附塔通过与所述真空管道的压力差,快速回收一次均压降的吸附塔内剩余气体。

[0017] 由于单纯吸附塔间的均压,在均压后期的塔间压差变小会导致均压速度变慢,且不能完全回收一次均压降的吸附塔内剩余气体,本发明通过打开冲洗升压吸附塔与真空管道的控制阀门,让处于一次均压降的吸附塔、处于冲洗升压的吸附塔和正在抽真空的真空管道之间形成高压差,加快塔间均压的速度,让冲洗升压的吸附塔内吸附剂等到更好的冲洗,并使一次均压降吸附塔内剩余氧气能几乎全部回收到冲洗升压的吸附塔内,杂质解析更透彻,同时高压差使均压速度更快,让一次均压降吸附塔内氧气回收更高效。并且由于在5秒内就可完成均压过程,通过该控制阀门打开时间的快速控制,可使吸附塔内气体全部被回收而几乎不会被真空泵抽走。

[0018] 优选地,所述一次均压降、二次均压降和冲洗升压分别耗时1~5s。

[0019] 本发明所述吸附塔为3-8台,同时间只有一塔处于抽真空解吸,其余吸附塔均处于吸附状态。

[0020] 若吸附塔为3台,同时间两塔吸附一塔再生;若吸附塔为4台,同时间三塔吸附一塔再生;若吸附塔为5台,同时间四塔吸附一塔再生;若吸附塔为6台,同时间五塔吸附一塔再生;若吸附塔为7台,同时间六塔吸附一塔再生;若吸附塔为8台,同时间七塔吸附一塔再生。

[0021] 优选地,一个制氧周期的时间为 $T=n \times (t_1+t_2+t_3)$,并按照 t_1 、 t_2 、 t_3 的时间段顺

序依次循环;所述吸附塔的数量为 n ,所述二次均压降的时间为 $ED2=t_1$,所述抽真空解吸的时间为 $V=t_2$,所述一次均压降为 $ED1$,所述冲洗升压的时间为 ER ,且 $ED1=ER=t_3$,所述吸附的时间为 $A=(n-1)\times(t_1+t_2+t_3)+t_1+t_2$;所述吸附塔在一个制氧周期的时间 T 内轮流与真空泵连通抽真空实现吸附剂再生,完成一个制氧周期。

[0022] 进一步优选地,当时间处于制氧周期的 t_3 段,真空泵对真空缓冲罐抽真空至 $-45\sim-50\text{Kpa}$,在 t_1 段,真空缓冲罐进行二次均压升压至 $-25\sim-30\text{Kpa}$,在 t_2 段,真空缓冲罐关闭,等待下一轮的抽真空和二次均压降。

[0023] 在 t_3 阶段的一次均压降及冲洗升压过程中,真空泵将对真空缓冲罐抽真空,将真空缓冲罐缓压力降至 $-45\sim-50\text{Kpa}$,在二次均压降的 t_1 阶段,真空缓冲罐缓冲了部分吸附塔的气体,压力升至 $-25\sim-30\text{Kpa}$,在真空解吸的 t_2 阶段,真空缓冲罐关闭,等待下一轮的抽真空和二次均压降。整个工艺过程,真空缓冲罐的状态为:抽真空-升压-等待-抽真空-升压-等待-抽真空-升压-等待的过程,目的是在二次均压降过程中快速降低吸附塔压力,减少真空泵入口的压力波动,提供设备效率和系统稳定性。

[0024] 本发明还提供了一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺的系统,包括鼓风机、真空泵、富氧罐、富氧管道、均压管道、送风管道、真空管道和至少3台吸附塔,所述吸附塔分别通过程控阀一连接所述送风管道,所述送风管道的进风口连接所述鼓风机,所述吸附塔分别通过程控阀二连接所述富氧管道,所述富氧管道的出气口连接所述富氧罐,所述吸附塔分别通过程控阀三连接所述均压管道,所述吸附塔分别通过程控阀四连接所述真空管道,所述真空管道的出风口连接所述真空泵,所述送风管道上设置有空气缓冲罐,所述真空管道通过分管连接真空缓冲罐,所述分管上设置有程控阀五。

[0025] 优选地,所述真空缓冲罐和空气缓冲罐的体积均不小于吸附塔的总体积,使二次均压降时吸附塔的压力能快速降低至 $-25\sim-30\text{Kpa}$,使抽真空开始时的吸附塔压力起点足够低,从而降低真空泵入口压力的波动,提高真空泵运转效率;同时真空缓冲罐在二次均压降这个过程中将储存一部分从吸附塔中均压过来的气体,当吸附塔抽真空解析完成后进入冲洗升压的状态时,真空泵对真空缓冲罐进行抽真空,降低真空缓冲罐压力,为下一个吸附塔进行二次均压降时做准备。

[0026] 空气缓冲罐的体积不小于吸附塔的总体积,由于结束冲洗升压后的吸附塔压力仅为至 $-5\sim 0\text{Kpa}$,会给鼓风机出口压力带来波动,影响鼓风机的利用效率,设置空气缓冲罐且体积不小于吸附塔的总体积,空气缓冲罐起到储能作用,当有吸附塔均压结束进入吸附状态时,在程控阀打开后,吸附塔会和空气缓冲罐快速平衡,可降低鼓风机出口压力的波动,提高鼓风机的利用效率,空气缓冲罐设置越大,空气缓冲罐的压力波动将越小。

[0027] 优选地,所述鼓风机和真空泵始终保持开启状态,通过多个所述程控阀一的控制,使各个吸附塔在吸附状态时与鼓风机连通;通过多个所述程控阀四的控制,使各个吸附塔轮流在抽真空解析和冲压升压状态时与真空泵连通。

[0028] 通过打开处于冲洗升压吸附塔的程控阀四,让一次均压降的吸附塔、冲洗升压的吸附塔和真空管道之间形成高压差,来调节塔间均压的过程,提高塔间均压速度,实现吸附塔剩余气体的最大限度的回收。可通过程控阀四开启时间的快速控制,使一次均压降的吸附塔内气体全部回收至冲洗升压吸附塔内,及时关闭程控阀四,能保证氧气的最大限度回收,使回收的氧气不会被真空泵抽走。

[0029] 本发明的有益效果在于：

[0030] 1、本发明采用吸附塔之间的一次均压降和冲洗升压操作，使均压后的塔内气压平衡，可将正负50Kpa的吸附塔气压在数秒内快速均压至接近0Kpa；吸附塔与真空缓冲罐之间的二次均压降，可将吸附塔压力在数秒内快速均压至-25~-30Kpa，使抽真空开始时的吸附塔压力起点足够低，从而降低真空泵入口压力的波动，提高真空泵运转效率，降低装置能耗，较传统的单纯吸附塔间的均压方法，节省了一个制氧周期内的均压时间，加大了吸附时间的占比，使吸附剂被充分利用，又有效的回收了吸附塔死空间的氧气。

[0031] 2、各个吸附塔按时间阶段划分滚动进行制氧周期循环，各个吸附塔在各个时间阶段交替进行均压降、抽真空、均压升和吸附的过程。按该方法分配后，实现真空泵与各吸附塔之间在抽真空解析和冲洗升压两个阶段的轮流无缝对接，实现真空缓冲罐与各吸附塔之间在二次均压降时轮流无缝对接，将均压时间显著缩短到5秒内，使制氧系统可一直处于多塔同时吸附，单塔处于抽真空的过程，有效地提高了分子筛利用效率，特别是8塔的分筛利用率可提高到83%。

[0032] 3、系统中不含均压罐，在吸附结束完成后，将完成吸附的吸附塔一（压力为50Kpa）与完成抽真空解析的吸附塔二（压力为-50Kpa）通过均压管道连通，同时将吸附塔二与正在抽真空的真空管道连通，利用吸附塔与真空管道之间的高压差对吸附塔进行快速充分的冲洗，以达到对吸附塔一内剩余气体的回收和吸附塔二的杂质冲洗，从而提高装置的生产效率。

[0033] 4、本发明在工艺流程中同时考虑了设备效率的利用，因装置的能耗主要为鼓风机和真空泵的电耗，通过设置真空缓冲罐和空气缓冲罐，同时通过对工艺程序时序控制的巧妙设计，实现真空缓冲罐与各吸附塔之间在二次均压降时轮流无缝对接，有效减小真空泵入口压力和鼓风机出口压力波动，有效提高鼓风机和真空泵的工作效率，降低工艺能耗。

[0034] 5、本发明设置空气缓冲罐，利用空气缓冲罐在吸附初期与吸附塔的快速平衡，无需在均压升压外另外加设升压步骤，减少均压升压过程花费的时间；减少了因为程序控制另外设置的程控阀和调节阀的设置；通过在鼓风机出口设置空气缓冲罐进行压力缓冲，避免吸附塔在进入吸附时，吸附塔压力过低，对系统压力造成的波动。

附图说明

[0035] 图1为本发明3塔VPSA制氧系统的工艺流程图。

[0036] 图2为本发明4塔VPSA制氧系统的工艺流程图。

[0037] 图3为本发明5塔VPSA制氧系统的工艺流程图。

[0038] 图4为本发明6塔VPSA制氧系统的工艺流程图。

[0039] 图5为本发明7塔VPSA制氧系统的工艺流程图。

[0040] 图6为本发明8塔VPSA制氧系统的工艺流程图。

[0041] 附图标记为：T1~T8：吸附塔1~吸附塔8；A1~A4：程控阀一~程控阀四；V1：空气缓冲罐；V2：真空缓冲罐；V3：富氧罐；C1：鼓风机；P1：真空泵；H1：程控阀五；L1：送风管道；L2：富氧管道；L3：均压管道；L4：真空管道；L41：分管；U1：过滤器；E1：换热器。

具体实施方式

[0042] 为了更加清楚、详细地说明本发明的目的技术方案,下面通过相关实施例对本发明进行进一步描述。以下实施例仅为具体说明本发明的实施方法,并不限定本发明的保护范围。

[0043] 实施例1

[0044] 一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺,包括鼓风机、真空泵、富氧罐和至少3台吸附塔并联而成的吸附塔组,所述鼓风机在与所述吸附塔组的连接管道上设置有空气缓冲罐,所述真空泵与所述吸附塔组通过真空管道连接,所述真空管道通过分管连接真空缓冲罐;各个吸附塔顺序循环处于吸附、一次均压降、二次均压降、抽真空解吸和冲洗升压的状态,各状态具体为:

[0045] A、吸附(A):鼓风机将空气经空气缓冲罐送入吸附塔制取氧气并送入富氧罐;

[0046] B、一次均压降(ED1):吸附塔完成吸附后,停止进气送氧,将本吸附塔剩余气体放入抽真空解吸完成后进入冲洗升压的吸附塔,使本吸附塔内气压降低至 $0\sim 5\text{Kpa}$;

[0047] C、二次均压降(ED2):吸附塔与真空缓冲罐连通进行二次均压,使吸附塔压力快速降低至 $-25\sim -30\text{Kpa}$;

[0048] D、抽真空解吸(V):对吸附塔抽真空;

[0049] E、冲洗升压(ER):回收处于一次均压降的吸附塔内剩余气体,实现本吸附塔压力升高至 $-5\sim 0\text{Kpa}$ 。

[0050] 实施例2

[0051] 本实施例在实施例1的基础上:

[0052] 所述真空缓冲罐在每次进行二次均压降之前已被抽真空。

[0053] 处于冲洗升压的吸附塔通过与所述真空管道的压力差,快速回收一次均压降的吸附塔内剩余气体。

[0054] 所述一次均压降、二次均压降和冲洗升压分别耗时 $1\sim 5\text{s}$ 。

[0055] 实施例3

[0056] 本实施例在实施例1的基础上:

[0057] 一个制氧周期的时间为 $T=n\times(t_1+t_2+t_3)$,并按照 t_1 、 t_2 、 t_3 的时间段顺序依次循环;所述吸附塔的数量为 n ,所述二次均压降的时间为 $ED2=t_1$,所述抽真空解吸的时间为 $V=t_2$,所述一次均压降为 $ED1$,所述冲洗升压的时间为 ER ,且 $ED1=ER=t_3$,所述吸附的时间为 $A=(n-1)\times(t_1+t_2+t_3)+t_1+t_2$;所有吸附塔在一个制氧周期的时间 T 内轮流与真空泵连通抽真空实现吸附剂再生,完成一个制氧周期。

[0058] 当时间处于制氧周期的 t_3 段,真空泵对真空缓冲罐抽真空至 $-45\sim -50\text{Kpa}$,在 t_1 段,真空缓冲罐进行二次均压升压至 $-25\sim -30\text{Kpa}$,在 t_2 段,真空缓冲罐关闭,等待下一轮的抽真空和二次均压降。

[0059] 实施例4

[0060] 一种高效利用吸附剂的VPSA制氧工艺的系统,包括鼓风机、真空泵、富氧罐、富氧管道、均压管道、送风管道、真空管道和至少3台吸附塔,所述吸附塔分别通过程控阀一连接所述送风管道,所述送风管道的进风口连接所述鼓风机,所述吸附塔分别通过程控阀二连接所述富氧管道,所述富氧管道的出气口连接所述富氧罐,所述吸附塔分别通过程控阀三

连接所述均压管道,所述吸附塔分别通过程控阀四连接所述真空管道,所述真空管道的出风口连接所述真空泵,所述送风管道上设置有空气缓冲罐,所述真空管道通过分管连接真空缓冲罐,所述分管上设置有程控阀五。

[0061] 所述真空缓冲罐和空气缓冲罐的体积均不小于吸附塔的面积。

[0062] 所述鼓风机和真空泵始终保持开启状态,通过多个程控阀一的控制,使各个吸附塔轮流在吸附状态时与鼓风机连通;通过多个程控阀四的控制,使各个吸附塔轮流在抽真空解析和冲压升压状态时与真空泵连通。

[0063] 本发明设置一条均压管道,同时在鼓风机出口设置空气缓冲罐,进入吸附时,打开程控阀一和程控阀二,吸附塔将与其他在吸附状态的吸附塔和空气缓冲罐连通,因空气缓冲罐的容积大于吸附塔容积,压力快速达到平衡,空气缓冲罐的压力降低不多(还要考虑吸附状态的吸附塔的均压效果),如果空气缓冲罐设置更大时,空气缓冲罐的压力波动将更小,鼓风机出口压力波动相应减小,设备运行更加稳定。

[0064] 实施例5

[0065] 表1为本发明VPSA制氧系统的3塔工艺程序时序表,工艺流程图见图1。

[0066]

时间段	t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3
步序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER
T2	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	ED1
T3	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A
H1	ON		ON	ON		ON	ON		ON

[0067] T1:二次均压降时间;T2:吸附塔抽真空时间;T3:一次均压降/冲洗升压时间;通过对T1/T2/T3时间的设置,可以使各个步序在该状态时达到最优状态。吸附塔的个数为3,将所述制氧周期的步骤依序划分为T1/T2/T3循环的9个阶段。

[0068] 每个制氧周期的吸附塔包含五种循环状态,分别为:A、ED1、ED2、V、ER;其中A分配有5个时间段,为T1/T2/T3/T1/T2,ED2为T1时间,V为T2时间,ED1/ER为T3时间。

[0069] 在除去吸附塔的均压时间外,在其它时间都是同时有2塔吸附一个塔抽真空,且每次均压时间都只有1~5s,也就是说,只乎所有时间都是2个塔在同时吸附,仅一塔在抽真空,分子筛的利用率达55%。

[0070] 本工艺设计的ED1/ED2两次均压降压,一次均压降(ED1):打开吸附完成后的吸附塔T1(压力为50Kpa)的程控阀三、打开抽真空解析完成后的吸附塔T2(压力为-50Kpa)的程控阀三,同时打开吸附塔T2的程控阀四通过真空管道的压差来加速均压,控制附塔T2的程控阀四开度时间,将一次均压降后吸附塔T1压力控制在0~5Kpa;吸附塔T2通过回收吸附塔T1的气体将压力从-50Kpa升到-5~0Kpa,在吸附塔T1完成一次均压降的同时,吸附塔T2完成了冲洗升压的过程。

[0071] 此时真空缓冲罐入口程控阀五H1开启,真空缓冲罐同时被真空泵抽真空,为二次均压降(ED2)的压力做准备。由于真空缓冲罐刚结束上一轮的二次均压降(ED2)的压力(-25~-30Kpa)是大于吸附塔压力的(吸附塔刚抽真空结束,压力为-45~50Kpa),所以在均压的初始,吸附塔的气体不会进入真空缓冲罐。通过快速控制程控阀四的开度时间,可使ED1状态的吸附塔气体全部回收ER状态吸附塔中,能保证氧气最大限度被回收,又能保证回收

的氧气没有被真空泵抽走,程控阀四的开度时间小于均压时间,具体设置时间可在实际使用过程中通过调试获取参数。

[0072] 二次均压降(ED2):吸附塔T1在一次均压降结束后压力为0~5Kpa,真空缓冲罐在经历ED1抽真空后的压力已经降到-45~-50Kpa,当系统进入ED2状态时,真空缓冲罐入口程控阀五H1打开,吸附塔的程控阀四打开,这时吸附塔、真空缓冲罐及真空泵通过真空管线连通,吸附塔内的气体会因为压力差,并且真空缓冲罐体积不小于吸附塔,一部分气体被快速均压到真空缓冲罐,一部分气体被真空泵抽走;待真空缓冲罐和吸附塔压力达到-25~-30Kpa,关闭真空缓冲罐程控阀五H1,则可以降低真空泵入口压力的波动,这就是设置真空缓冲罐的目的,如果没有真空缓冲罐,吸附塔的气体将只能由真空泵抽走,会导致真空泵入口压力增高,波动变大,设置真空缓冲罐后,大大降低真空泵入口压力的波动。

[0073] 真空缓冲罐需要在不同时间阶段通过控制程控阀五H1的开关来参与整个真空系统的压力调节,状态为:抽真空-升压-等待-抽真空-升压-等待……的不断循环,故通过分管与真空管道连接,而不是直接设置在真空管道上。

[0074] 对真空缓冲罐来说:在第6步,打开真空缓冲罐入口程控阀五H1,对真空缓冲罐抽真空,压力降至-45~-50Kpa;在第7步,打开程控阀五H1,打开吸附塔T1的程控阀四,进行二次均压降,真空缓冲罐压力升至-25~-30Kpa;在第8步,关闭程控阀五H1,等待;在第9步,打开真空缓冲罐入口程控阀五H1,对真空缓冲罐抽真空,压力降至-45~-50Kpa;在第1步,打开程控阀五H1,打开吸附塔T2的程控阀四,吸附塔T2进行二次均压降,真空缓冲罐压力降升至-25~-30Kpa;在第2步,关闭程控阀五H1,等待;在第3步,打开真空缓冲罐入口程控阀五H1,对真空缓冲罐抽真空,压力降至-45~-50Kpa;在第4步,打开程控阀五H1,打开吸附塔T3四号程控阀,进行二次均压降,真空缓冲罐压力升至-25~-30Kpa。在第5步,关闭程控阀五H1,等待。

[0075] 实施例6

[0076] 表2为本发明VPSA制氧系统的4塔工艺程序时序表,工艺流程图见图2。

[0077]

时间段	t1	t2	t3									
步序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER
T2	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1
T3	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A
T4	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A
H1	ON		ON									

[0078] T1:二次均压降时间;T2:吸附塔抽真空时间;T3:一次均压降/冲洗升压时间;通过对T1/T2/T3时间的设置,可以使各个步序在该状态时达到最优状态。吸附塔的个数为4,将所述制氧周期的步骤依序划分为T1/T2/T3循环的12个阶段。

[0079] 每个制氧周期的吸附塔包含五种循环状态,分别为:A、ED1、ED2、V、ER;其中A分配有8个时间段,为T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2,ED2为T1时间,V为T2时间,ED1/ER为T3时间。

[0080] 本实施例的工艺控制原理同实施例5,在除去吸附塔的均压时间外,在其它时间都是同时有3塔吸附一个塔抽真空,且每次均压时间都只有1~5s,也就是说,只乎所有时间都是3个塔在同时吸附,仅一塔在抽真空,分子筛的利用率达66%。

[0081] 实施例7

[0082] 表3为本发明VPSA制氧系统的5塔工艺程序时序表,工艺流程图见图3。

[0083]

时间段	t1	t2	t3												
步序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER
T2	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1
T3	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T4	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A
T5	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A
H1	ON		ON												

[0084] T1:二次均压降时间;T2:吸附塔抽真空时间;T3:一次均压降/冲洗升压时间;通过对T1/T2/T3时间的设置,可以使各个步序在该状态时达到最优状态。吸附塔的个数为5,将所述制氧周期的步骤依序划分为T1/T2/T3循环的15个阶段。

[0085] 每个制氧周期的吸附塔包含五种循环状态,分别为:A、ED1、ED2、V、ER;其中A分配有11个时间段,为T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2,ED2为T1时间,V为T2时间,ED1/ER为T3时间。

[0086] 在除去吸附塔的均压时间外,在其它时间都是同时有4塔吸附一个塔抽真空,且每次均压时间都只有1~5s,也就是说,只乎所有时间都是4个塔在同时吸附,仅一塔在抽真空,分子筛的利用率达73%。

[0087] 实施例8

[0088] 表4为本发明VPSA制氧系统的6塔工艺程序时序表,工艺流程图见图4。

[0089]

时间段	t1	t2	t3															
步序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER
T2	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1
T3	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T4	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T5	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A
T6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A
H1	ON		ON															

[0090] T1:二次均压降时间;T2:吸附塔抽真空时间;T3:一次均压降/冲洗升压时间;通过对T1/T2/T3时间的设置,可以使各个步序在该状态时达到最优状态。吸附塔的个数为6,将所述制氧周期的步骤依序划分为T1/T2/T3循环的18个阶段。

[0091] 每个制氧周期的吸附塔包含五种循环状态,分别为:A、ED1、ED2、V、ER;其中A分配有14个时间段,为T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2,ED2为T1时间,V为T2时间,ED1/ER为T3时间。

[0092] 在除去吸附塔的均压时间外,在其它时间都是同时有5塔吸附一个塔抽真空,且每次均压时间都只有1~5s,也就是说,只乎所有时间都是5个塔在同时吸附,仅一塔在抽真空,分子筛的利用率达77%。

[0093] 实施例9

[0094] 表5为本发明VPSA制氧系统的7塔工艺程序时序表,工艺流程图见图5。

[0095]

时间 段	t1	t2	t3	t1	t2	t3																
步序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
T1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	
T2	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1
T3	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T4	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T5	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A
T7	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A
H1	ON		ON	ON		ON	ON															

[0096] T1:二次均压降时间;T2:吸附塔抽真空时间;T3:一次均压降/冲洗升压时间;通过对T1/T2/T3时间的设置,可以使各个步序在该状态时达到最优状态。吸附塔的个数为7,将所述制氧周期的步骤依序划分为T1/T2/T3循环的21个阶段。

[0097] 每个制氧周期的吸附塔包含五种循环状态,分别为:A、ED1、ED2、V、ER;其中A分配有17个时间段,为T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2,ED2为T1时间,V为T2时间,ED1/ER为T3时间。

[0098] 在除去吸附塔的均压时间外,在其它时间都是同时有6塔吸附一个塔抽真空,且每次均压时间都只有1~5s,也就是说,只乎所有时间都是6个塔在同时吸附,仅一塔在抽真空,分子筛的利用率达80%。

[0099] 实施例10

[0100] 表6本发明VPSA制氧系统的8塔工艺程序时序表,工艺流程图见图6。

[0101]

时间段	t1	t2	t3																					
步序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
T1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER
T2	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1
T3	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T4	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T5	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T7	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A	A	A	A
T8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	ED1	ED2	V	ER	A	A	A
H1	ON		ON																					

[0102] T1:二次均压降时间;T2:吸附塔抽真空时间;T3:一次均压降/冲洗升压时间;通过对T1/T2/T3时间的设置,可以使各个步序在该状态时达到最优状态。吸附塔的个数为8,将所述制氧周期的步骤依序划分为T1/T2/T3循环的24个阶段。

[0103] 每个制氧周期的吸附塔包含五种循环状态,分别为:A、ED1、ED2、V、ER;其中A分配有20个时间段,为T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2/T3/T1/T2,ED2为T1时间,V为T2时间,ED1/ER为T3时间。

[0104] 在除去吸附塔的均压时间外,在其它时间都是同时有7塔吸附一个塔抽真空,且每

次均压时间都只有1~5s,也就是说,只乎所有时间都是7个塔在同时吸附,仅一塔在抽真空,分子筛的利用率达83%。

[0105] 本发明中所述鼓风机的进风口设置有过滤器,鼓风机的出风口设置有换热器。进入吸附塔的空气,先经过滤,以洁净空气为原料,进入鼓风机,升压后经换热器降温,使温度降到分子筛最佳吸附性能温度状态,再进入已经再生完毕处于工作状态的吸附塔。

[0106] 所述真空泵的进风口设置有过滤器。

[0107] 本发明采用的鼓风机可为罗茨鼓风机、离心鼓风机或者水环鼓风机;换热器为水冷式空气冷却器,过滤器为自洁式空气过滤器,程控阀型号为气动/液动蝶阀。具体规格型号由装置规模和用户需求选定。

[0108] 以上所述实施例仅表达了本发明的具体实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

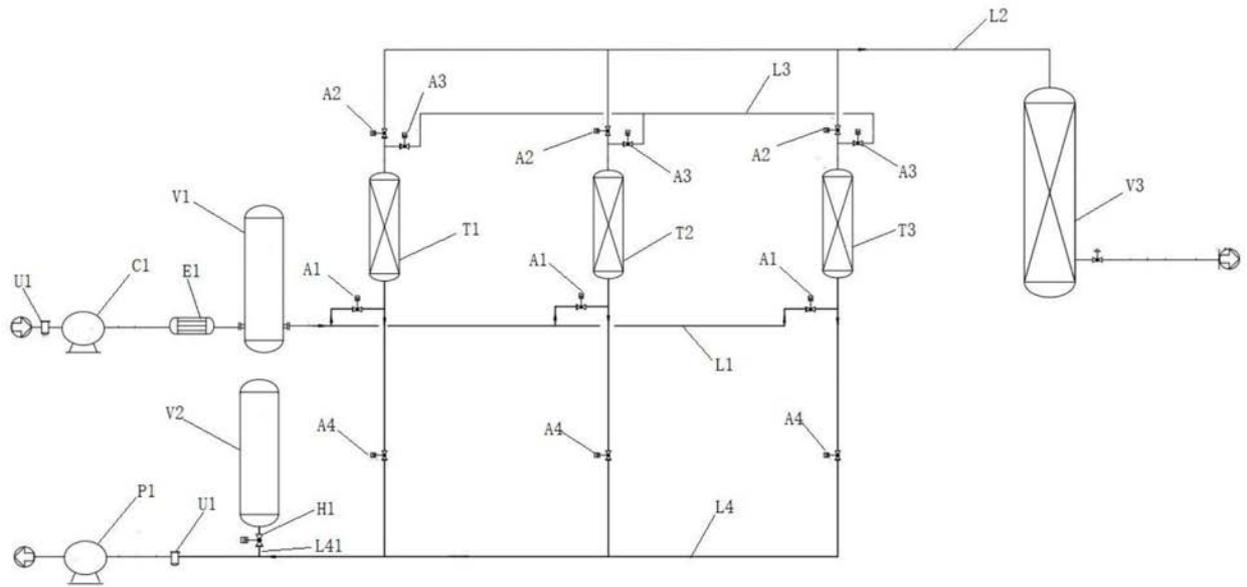


图1

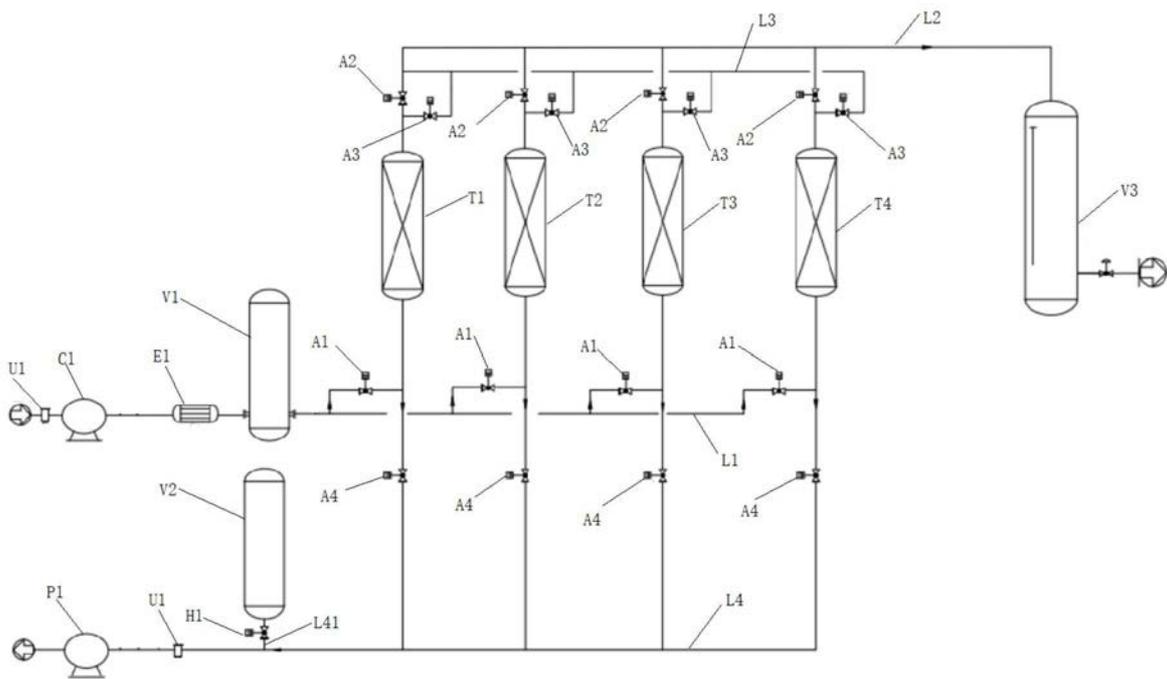


图2

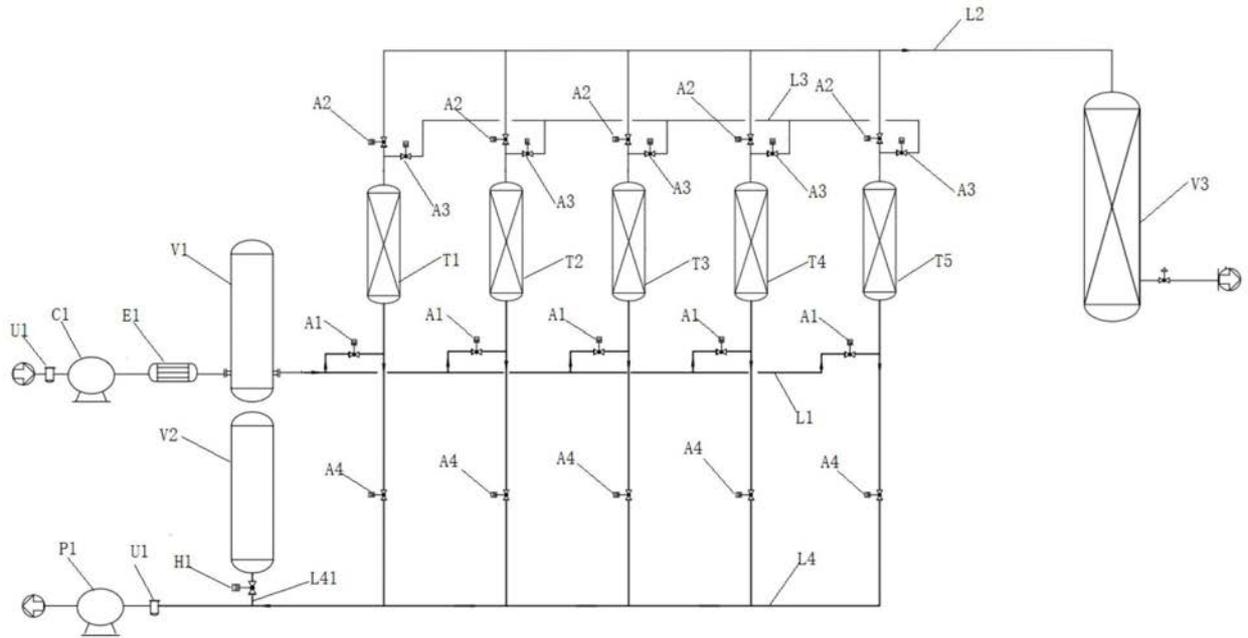


图3

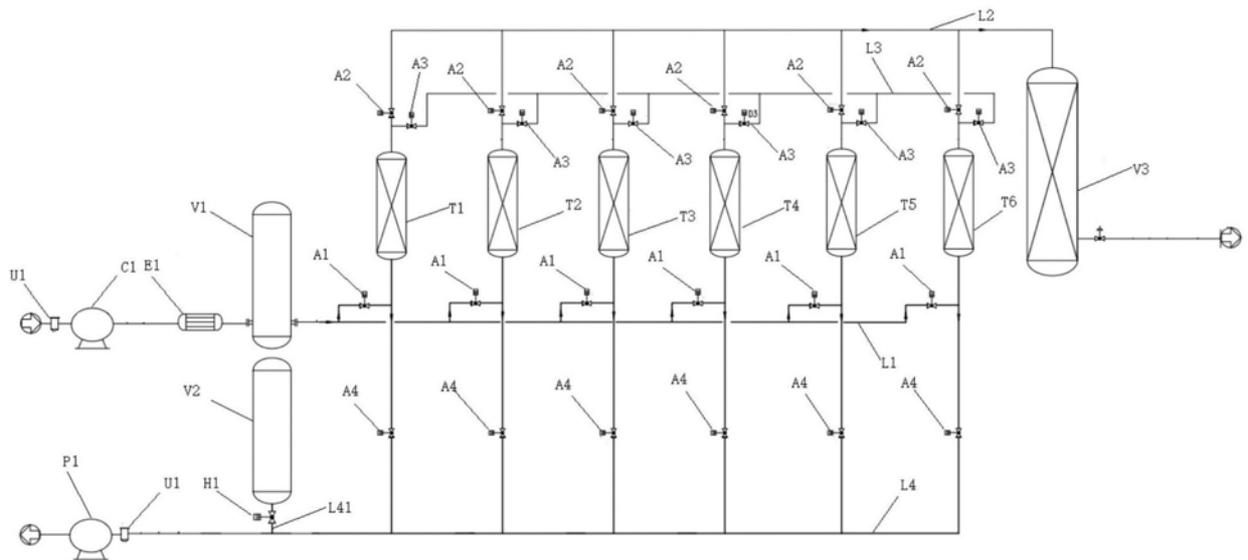


图4

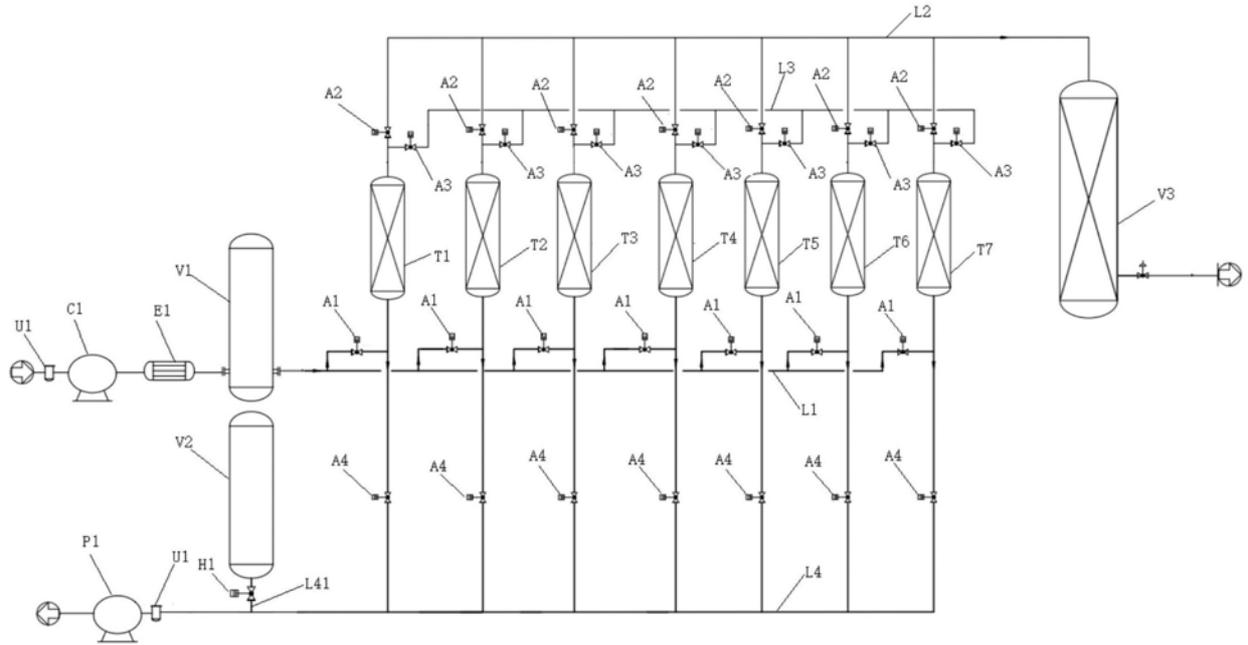


图5

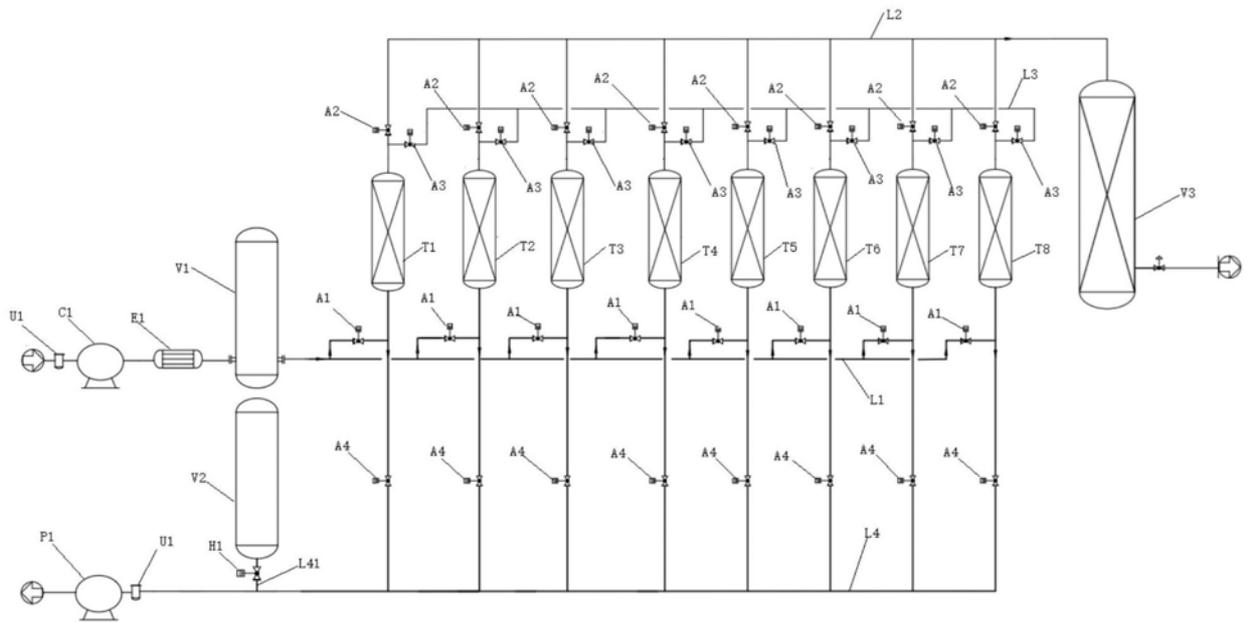


图6