



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97110507.3

[43]公开日 1997年12月10日

[11] 公开号 CN 1167246A

[22]申请日 97.2.26

[30]优先权

[32]96.3.1 [33]EP[31]96301423.8

[71]申请人 气体产品与化学公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72]发明人 J·A·霍普金斯 R·阿格雷沃尔  
徐建国

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

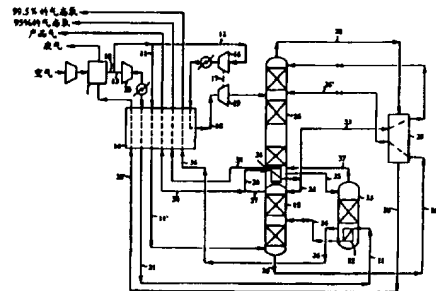
代理人 罗才希

权利要求书 4 页 说明书 13 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 带有再沸器压缩机的双纯氧发生器

[57]摘要

用低温蒸馏已压缩的原料空气流(10)生产低纯和高纯氧产品,在该方法中,用传统的低纯塔(25)提供低纯(低于97%)氧产品(38),通过在高纯塔(23)中精馏来自蒸馏系统(15,25)的富氧流(35)提供高纯(高于97%)氧产品(36)。借助于冷凝适当的第一工艺流(30)使低纯塔(25)沸腾,借助于在高于第一工艺流(30)的压力下使第二工艺流(21)冷凝,使高纯塔沸腾。上述富氧流(35)的氧浓度至少等于送入低压塔(25)的物流(26')的氧浓度。



## 权 利 要 求 书

1. 一种在蒸馏系统(15, 25)中低温蒸馏已压缩的原料空气流(10)的工艺, 上述系统包括一个生产低纯(低于97%)氧产品流(38)和富氮流(28)的低纯塔(25), 该塔(25)有一个下部再沸器(31; 211), 适当的第一工艺流(30, 212)在该再沸器中被冷凝以使此塔(25)沸腾, 其特征在于: 从蒸馏系统(15, 25)中抽取氧浓度至少等于送入低纯塔(25)中的物流(26')的氧浓度的富氧流(35; 611), 并使之在高纯塔(23)中精馏, 以提供高纯(高于97%)氧产品流(36), 上述高纯塔的底部馏出物再沸器的热量由适当的第二股工艺流(21)的冷凝物提供的,

上述第二工艺流(21)的压力高于上述第一工艺流(30, 212)。

2. 如权利要求1所述的工艺, 其中, 上述蒸馏系统包括一个高压塔(15)和一个低压塔(25), 其特征在于:

(a) 将上述经压缩的原料空气(10)的至少一部分(11)送入高压塔(15), 在该塔中原料空气(11)被精馏成高压氮塔顶馏出物(27)和高压粗液氧塔底馏出物(26);

(b) 将上述高压粗液氧塔底馏出物(26)的至少一部分送至低压塔(25), 在该塔中, 高压粗液氧塔底馏出物(26)被精馏成低压氮塔顶馏出物(28)和低压液氧塔底馏出物;

(c) 使上述高压氮塔顶馏出物(27)的至少一部分(30)冷凝(31), 并将已冷凝的高压氮塔顶馏出物的至少一部分(32)作为回流返送到高压塔(15);

(d) 通过底部再沸器(31; 211)使低压液氧底部馏出物的至少一部分沸腾, 在该再沸器中适当的第一工艺流(30; 212)被冷凝;

(e) 从低压塔(25)中抽取低纯氧产品流(38);

(f) 从蒸馏系统(15, 25)中抽取氧浓度至少等于高压粗液氧底部馏出物(26)的氧浓度的富氧流(26; 35), 并将其送入高纯塔(23)中, 在该塔中, 上述富氧流被精馏成贫氧顶部馏

出物蒸汽(37)和高纯液氧底部馏出物;

(g) 借助于被压缩到高于使低压塔(15)蒸发的第一工艺流(30, 212)的压力的适当的第二工艺流(21)的冷凝物通过下部再沸器(22)使高纯液氧底部馏出物的至少一部分蒸发;

(h) 从高纯塔(23)中抽取高纯氧产品流(36)。

3. 如权利要求2所述的工艺, 其中送入高纯塔(23)下部再沸器(22)的工艺流是进一步被压缩(20)的已压缩的原料空气(10)的至少一部分。

4. 如权利要求2所述的工艺, 其中送入高纯塔(23)下部再沸器(22)的工艺流是进一步被压缩(20)的高压氮顶部馏出物(27)的至少一部分。

5. 如权利要求2至4中任一项所述的工艺, 其中从低压塔(25)中抽取富氧流(35)。

6. 如权利要求5所述的工艺, 其中在与抽取上述富氧流(35)基本相同的位置上将上述贫氧顶部馏出物蒸汽(37)返回到低压塔(25)。

7. 如权利要求5或权利要求6所述的工艺, 其中从上述低压塔(25)的塔釜抽取富氧流(35)。

8. 如权利要求2至4中任一项所述的工艺, 其中上述富氧流(611)是高压粗液氧底部馏出物(26)的一部分。

9. 如权利要求8所述的工艺, 其中在抽取位置低于将高压粗液氧底部馏出物(26)送入低压塔的位置上从低压塔(25)抽取蒸汽流(711), 并在低于将富氧流(611)送入高纯塔的位置上将上述蒸汽流送入高纯塔(23)。

10. 如权利要求2至9中任一项所述的工艺, 其中送入低压塔底部再沸器(211)的工艺流是已压缩的原料空气(10)的一部分, 上述高压氮顶部馏出物(27)的至少一部分(30)的冷凝物是在低压塔(25)的中间位置的再沸器(31)中。

11. 如权利要求10所述的工艺, 其中在中部再沸器(31)上方的位置上从低压塔(25)中抽取富氧流(35), 从高纯塔(23)的中间位置抽取的富氮蒸汽流(511)在氮塔(510)中被分离以生产氮产品流和返送到高纯塔(23)的液态贫氮流(512)。

1 2.如包括权利要求2所限定的蒸馏系统的权利要求2至1 1中任一项所述的工艺,其中将全部冷凝的高压氮顶部馏出物(2 7)作为回流送入(3 0)高压塔,用从高压塔(1 5)中抽取的侧流(3 1 9)返送到低压塔(2 5)中。

1 3.如权利要求1 2所述的工艺,其中将富氮分流(3 1 9)的一部分(6 1 0)送入高纯塔(2 3)中。

1 4.根据权利要求1的工艺用低温蒸馏已压缩的空气原料流(1 0)生产低纯氧和高纯氧产品的设备,该设备包括:

(i)一个用于对已压缩的空气原料(1 0)进行精馏的蒸馏系统(1 5, 2 5),此系统包括一个生产低纯(低于9 7%)氧产品流(3 8)和富氮流(2 8)的低纯塔(2 5);

(i i)一个为使低纯塔(2 5)沸腾设置在上述低纯塔(2 5)内用于冷凝适当的第一工艺流的下部再沸器(3 1; 2 1 1);

(i i i)将上述第一工艺流送入上述再沸器的装置(27, 3 0; 1 1, 2 1 2);

(i v)用于从该设备中的抽取低纯氧产品流的装置(3 8),其特征在于该设备还包括

(v)一个用于精馏含氧浓度至少等于为提供高纯(高于9 7%)氧产品流送入低纯塔(2 5)的物流(2 6')的含氧浓度的富氧流的高纯塔(2 3);

(v i)从蒸馏系统(1 5, 2 5)中抽取富氧流和将其送至高纯塔(2 3)的装置(3 5; 2 6; 6 1 1);

(v i i)一个设置在上述高纯塔(2 3)内用于冷凝适当的第二工艺流以使高纯塔(23)沸腾的底部再沸器(2 2);

(v i i i)在高于提供给低纯塔再沸器(3 1; 2 1 1)的上述第一工艺流的压力下将第二工艺流送入高纯塔再沸器(2 2)的装置(2 0, 2 1);以及

(i x)从该设备中抽取高纯氧产品流的装置(3 6)。

1 5.如权利要求1 4所述的设备,其中上述蒸馏系统包括:

(1)一个用于将已压缩的空气流(1 0)的一部分精馏成高压氮顶部馏出物和高压粗液氧塔底馏出物的高压塔(1 5);

(2)一个将上述高压粗液氧底部馏出物精馏成低压氮顶部馏出

物和低压液氧底部馏出物的低压塔(25)；

(3) 将上述高压粗液氧底部馏出物的至少一部分送入低压塔(25)的装置(26, 29)；

(4) 用于冷凝上述高压氮顶部馏出物的至少一部分及将已冷凝的高压氮顶部馏出物的至少一部分作为回流返回到高压塔(15)的装置(27, 31, 32)；

(5) 一个在低压塔(25)内用于冷凝适当的第一工艺流以使低压塔(25)沸腾的底部再沸器(31; 211)；

(6) 将上述第一工艺流送入上述再沸器(31, 211)的装置(27, 30; 11, 212)；

(7) 从该设备中抽取低纯氧产品流(38)的装置；

(8) 一个用于将富氧流精馏成贫氧顶部馏出物蒸汽(37)和高纯液氧塔底馏出物的高纯塔(23)；

(9) 从上述蒸馏系统(15, 25)抽取富氧流及其送入高纯塔(23)的装置(26; 35)；

(10) 一个设置在上述高纯塔(23)内用于冷凝适当的第二工艺流以使高纯塔(23)沸腾的底部再沸器(22)；

(11) 在高于提供给低压塔再沸器(31; 211)的第一工艺流的压力下将第二工艺流送入高纯塔再沸器(22)的装置(20, 21)；

(12) 从该设备抽取高纯氧产品流的装置(36)。

16. 如权利要求15所述的设备, 包括完成如权利要求3至13中任一项所述的一个单独的工艺所需的部件。

# 说明书

## 带有再沸器压缩机的双纯氧发生器

本发明的目的是在只需少量高纯氧时可从同一空气分离设备中高效而经济地生产出两种不同纯度的氧。本发明还提供了一种在只需生产主要为低纯氧的设备上生产少量粗氧产品的方法。上述目的与以COREX钢生产工艺为基础的新型地面炼钢厂（new grass-roots steel mills）的需求一致。

以往，就从同一设备中生产两种不同纯度的氧而言有两种常用的可供选择的方案。一种方案是建两套独立的低温装置，每一套装置用于一种纯度。这种方案使投资增加、结构复杂。另一种方案是使整个设备都用于高纯产品，此方案需要一台排气压力与高纯氧压力一样的主空气压缩机。用于大部分空气只需升至与所生产的低纯氧压力相同的较低压力，因此，此方案的能源利用率不高。

用于生产低纯氧的一些有效设备在文献中已经公开。美国专利US - A - 4 7 0 2 7 5 7号；US - A - 4 7 0 4 1 4 8号和US - A - 4 9 3 6 0 9 9号都描述了一些采用多个再沸器、冷凝器的有效工艺循环。但是，这些循环中没有一种循环包括生产纯度高于95%的氧产品的一部分的副产品。

美国专利5 5 1 5 8 3 3描述了一种循环，在该循环中用来自压缩扩展装置的部分已膨胀的气体使双再沸器低压（“LP”）塔的底部再沸器再沸腾。在该循环中，为了生产两种产品采用了一种组合式双塔。将送入流程的全部空气压缩到所具有的压力足以使膨胀机排出的气体能使低压塔的下部再沸器中的高纯氧再蒸发的程度。将来自高压（“HP”）塔顶部的高压氮流送至位于低纯氧抽取位置上方的中部再沸器。该流程不能获得非常高的氧回收率，尤其不能获得氮，因为在低压塔的下部再沸器中需要冷凝大量空气以便汽化而得到高纯和低纯气态氧产品，而且用于蒸馏的所有蒸汽流均在低纯氧上方抽取。需在低压的下部再沸器中冷凝的大量空气减少了液氮回流量并对氧回收率产生不良影响。此外，相对于纯氧来说，大部分空气需要在较高压力下被冷凝，这就增大了能耗，从而浪费了压缩能。这种流程迫使低压塔的尺寸适用于全部空气输入，从而给制造和运输带来困难。

美国专利5 5 1 5 8 3 3号还公开了一种在两种氧产品抽取位置之间

与主塔相连的氩侧臂塔。这个输入位置要求从侧臂塔输入中除去氮。但是它设置了一个输入氮浓度非常低（氮含量低于4%）的流体的侧臂塔。与侧臂塔输入流含氮范围在9% - 14%相比，这种蒸馏要困难得多。由于输入侧臂塔的氮的浓度低，对于给定氧回收率而言，氮的回收率很低。

显然，为了高效且操作方便地生产高纯氧和低纯氧，需要更有效的循环。

本发明涉及含氮和氧的物流的低温蒸馏以用于有效地生产至少两种纯度等级的氧。第一种产品是含氧量低于97%（但通常含氧量高于80%）的低纯氧流，第二种产品是含氧量高于97%、最好含氧量高于99.5%的高纯氧产品流。按照本发明，通过采用生产低纯氧的高效的工艺流程并对该流程进行改进可获得高效率。该高效工艺流程包括至少一个蒸馏塔，在该塔中对原料流进行蒸馏，以便从底部生产出低纯氧，从顶部生产出富氮流，该塔的底部有一个再沸器，在该再沸器中为使蒸馏塔沸腾，使适当的工业生产液流冷凝。按照本发明，或者从第一塔的底部（在底部再沸器的位置上）或者从低纯氧抽取位置和送入侧支路塔顶部的位置的上方的一些分离级之处抽取氧浓度等于上述输入流的氧浓度的液体流。借助于适当的工业生产流体使侧支路塔的底部沸腾，并从该侧支路塔的底部抽取高纯氧产品。将来自侧支路塔顶部的蒸汽回流到第一塔，最好在抽取液体输入流的相同分离高级的位置上回流。

当需要氮副产品时，可在产生高纯氧的侧支路塔的适当位置上连接一个氮侧臂塔，即，将从侧支路塔的中部位置输入的蒸汽送至氮侧臂塔，以便从氮侧臂塔的顶部生产氮。同时从该塔的底部抽取液流回流到侧支路塔。

本方法的优点是可使在高纯氧的高温下蒸发保持最小。在产生低纯氧的位置上所提供的热量很多。这可以大大节省能量。

就最宽范围而言，本发明提供一种在蒸馏系统对已压缩的原料空气流进行低温蒸馏的工业生产液流程，上述蒸馏系统包括一个生产低纯氧（低于97%）产品流和富氮流的低纯塔，上述塔具有一个底部再沸器，在该再沸器中适当的第一工业生产液流被冷凝，以使该塔沸腾，其特征在于从蒸馏系统中抽取氧浓度至少等于送入低纯塔的流体的氧浓度的富氧流，并使之在高纯塔中精馏以提供高纯氧产品流（高于97%），上述高纯塔的塔底馏出物再沸器的热量由适当的第二股工艺液流的冷凝作用提供的。上述第二工业生产液流的压力高于第一工业生产液流的压力。

通常，上述低纯氧产品流含有80%以上的氧，最好含氧量至少为90%。上述高纯氧产品流最好至少含99.5%的氧。

在本发明的一个优选实施例中，上述蒸馏系统包括一个高压塔和低压塔，以及：

(a) 将上述经压缩的原料空气的至少一部分送入高压塔，在该塔中，原料空气被精馏成高压氮塔顶馏出物和高压粗液氧塔底馏出物；

(b) 将上述高压粗液氧塔底馏出物的至少一部分送入低压塔，在该塔中，高压粗液氧塔底馏出物被精馏成低压氮塔顶馏出物和低压液氧塔底馏出物；

(c) 使上述高压氮塔顶馏出物的至少一部分冷凝，并将已冷凝的高压氮塔顶馏出物的至少一部分作为回流返送到高压塔；

(d) 通过底部再沸器使低压液氧塔底馏出物的至少一部分沸腾，在该再沸器中使适当的第一工业生产液流冷凝；

(e) 从低压塔中抽取低纯氧产品流；

(f) 从蒸馏系统中抽取氧浓度至少等于高压粗液氧塔底馏出物的氧浓度的富氧流，并将其送入高纯塔中，在该塔中，上述富氧流被精馏成贫氧顶部馏出物蒸汽和高纯液氧塔底馏出物；

(g) 借助于被压缩到高于使低压塔蒸发的第一工艺流的压力的适当的第二工艺流的冷凝物通过底部再沸器使高纯液氧塔底馏出物的至少一部分蒸发；

(h) 从高纯塔中抽取高纯氧产品流。

送入高纯塔中底部再蒸发的工业产品液流是进一步压缩的已压缩原料空气的一部分。可将这种经压缩的原料空气部分的至少一部分送入高压塔和/或低压塔。

此外，送入高纯塔的底部再蒸发的工业生产液流可以是进一步被压缩的高压氮顶部馏出物的至少一部分。

可以从低压塔、通常从低压塔塔釜抽取富氧流，最好在与抽取上述富氧流基本相同的位置上将上述贫氧顶部馏出物蒸汽返回到低压塔。

此外，可以从高压塔中抽取富氧流，其适合作为高压粗液氧塔底馏出物的一部分。可以从低压塔抽取蒸汽流，上述抽取位置低于将高压粗液氧塔底馏出物送入低压塔的位置，并在低于富氧流被送入高纯塔的位置上将上述蒸汽流送入高纯塔。

提供低压塔底部沸腾的工业生产液流可以是高压氮顶部馏出物或已压缩的原料空气的至少一部分。在上述工业生产液流是已压缩的输入空气的一部分时，可将所生成的已冷凝的原料流的至少一部分送至高压塔和/或低压塔。如果使低压塔再沸腾的高压氮顶部馏出物未被冷凝，可以使上述顶部馏出物在低压塔的中间位置被冷凝。

如上所述，可以在一个氮塔中将从高纯塔中部位置抽取的富氮蒸汽流分离，以便生产氮产品流和被送回至高纯塔的液态贫氮流。

当高压氮顶部馏出物在低压塔的中部位置被冷凝时，可从低压塔的中间位置上方的位置上抽取适当的富氧流，并使从高纯塔中部位置抽取的富氮蒸汽液在氮塔中分离，以便产生氮产品流和被送回到高纯塔的液态贫氮流。

可通过蒸发高压粗液氧塔底馏出物的一部分使来自氮塔的氮顶部馏出物冷凝，并将已蒸发的高压粗液氧塔底馏出物送至低压塔和/或高纯塔。

可将经压缩的空气输入的一部分送至低压塔，或者将上述已压缩的空气输入的一部分进一步压缩到高于送至高压塔的主压缩空气输入部分的压缩，并将进一步压缩的输入空气部分的至少一部分送至高压塔和/或送至低压塔。

可将已冷凝的高压氮顶部馏出物的至少一部分作为回流送至低压塔。也可将全部已冷凝的高压氮顶部馏出物作为回流送至高压塔，并与从高压塔抽出的一股支流一同返回到低压塔。可将上述富氮支流的一部分送至高纯塔。

如果没有使全部高压氮顶部馏出物冷凝，则可将剩余部分作为产品回收。

为了至少部分地蒸发上述已压缩空气输入部分，可通过低纯氧产品流与送入高压塔的经压缩的空气输入流的部分对流而使低纯氧产品流蒸发。

可以分别从低压塔和高压塔抽取低纯氧产品液体流和高纯氧产品流液体，为了生产一定压力的氧产品，在上述氧产品与主压缩空气流进行热交换之前用泵使之增压。

本发明还提供一种生产低纯氧和高纯氧产品的设备，该设备按权利要求1的工艺通过低温蒸馏经压缩的空气输入流生产出上述产品，该设备包括：

(i) 一个用于对已压缩的空气原料进行精馏的蒸馏系统，此系统包括一个生产低纯（低于97%）氧产品流和富氮流的低纯塔；

(ii) 一个在上述低纯塔内用于冷凝适当的第一工艺流以使低纯塔沸腾的底部再沸器；

- ( i i i ) 将上述第一工艺流送入上述再沸器的装置;
- ( i v ) 用于从该设备中抽取低纯氧产品流的装置; 其特征在于该设备还包括:
- ( v ) 一个用于精馏含氧浓度至少等于为提供高纯 ( 高于 9 7 % ) 氧产品流的输入流的含氧浓度的富氧流的高纯塔;
- ( v i ) 从蒸馏系统中抽取富氧流和将其送至高纯塔的装置;
- ( v i i ) 一个在上述高纯塔中用于冷凝适当的第二工艺流以使高纯塔沸腾的底部再沸器;
- ( v i i i ) 在高于提供给低纯塔再沸器的第二工艺流的压力下将第二工艺流送入高纯塔再沸器的装置; 以及
- ( i x ) 从该设备中抽取高纯氧产品流的装置。

在设备方面的一个优选实施例中, 该蒸馏系统包括:

- ( 1 ) 一个用于将已压缩空气流的至少一部分精馏成高压氮顶部馏出物和高压粗液氧塔底馏出物的高压塔;
- ( 2 ) 一个将上述高压粗液氧塔底馏出物精馏成低压氮顶部馏出物和低压液氧塔底馏出物的低压塔;
- ( 3 ) 将上述高压粗液氧底部馏出物的至少一部分送入低压塔的装置;
- ( 4 ) 用于冷凝上述高压氮顶部馏出物的至少一部分及将已冷凝的高压氮顶部馏出物的至少一部分作为回流返回到高压塔的装置;
- ( 5 ) 一个在低压塔内用于冷凝适当的第一工艺流以使低压塔沸腾的底部再沸器;
- ( 6 ) 将上述第一工艺流送入上述再沸器的装置;
- ( 7 ) 从该设备中抽取低纯氧产品流的装置;
- ( 8 ) 一个用于将富氧流精馏成贫氧顶部馏出物蒸汽和高纯液氧塔底馏出物的高纯塔;
- ( 9 ) 从上述蒸馏系统中抽取富氧流及其送入高纯塔的装置;
- ( 1 0 ) 一个在高纯塔内用于冷凝适当的第二工艺流以使高纯塔沸腾的底部再沸器;
- ( 1 1 ) 在高于提供给低压塔再沸器的第二工艺流的压力下将第二工艺流送入高纯塔再沸器的装置; 以及

(12) 从该设备抽取高纯氧产品流的装置。

下面结合本发明现有的优选实施例的附图仅用举例的方法对本发明进行描述，其中：

图1示出了本发明的第一个实施例（基本实施例）；

图2示出了本发明的第二实施例，该实施例中采用了一个用于低纯氧产品的液氧（LOX）汽化蒸发器；

图3示出了本发明的第三实施例，该实施例中为了生产高压氧和氮产品采用了几台液体泵；

图4示出了本发明的第四实施例，该实施例是图2实施例的简化情况，其中省去了上述液氧汽化蒸发器；

图5示出了本发明的第五实施例，该实施例是图2实施例的改型，其中加了一个粗氩侧臂塔（Sidearm column）；

图6示出了本发明的第六实施例，该实施例是图3实施例的改型，例中加入了一个粗氩侧臂塔并有与低压（LP）塔分开的侧支路塔（Sideleg Column）；

图7示出了本发明的第七实施例，该实施例是图6实施例的改型，其中低压塔既与侧臂塔相连又与侧支路塔相连。

在所有的附图中，相同或等效的部件用相同的标号表示。

下面结合图1对本发明的基于内容进行描述。简而言之，采用了包括一个高压（HP）塔（15）、一个低压塔（25）和一个侧支路塔（23）的系统，从低压塔（25）的底部可获得低纯氧产品（95%的气态氧）。从侧支路塔（23）的底部可获得高纯氧产品（99.5%的气态氧），在上述侧支路塔中，使来自低压塔（25）底部的液流（35）蒸馏，并借助于已升压的原料空气（10）的一部分（21）使液流汽化。将从侧支路塔（23）的顶部流出的蒸汽（37）送回到低压塔（25）的底部。

更详细地说，从前端纯化系统（1）流出的清洁、干燥的压缩空气（10）被分成三股流（11，12，13）。第一股原料空气流（11）被直接送至主热交换器（14），在该热交换器中，原料空气被冷却至接近露点温度，然后作为气流（11'）被送至高压塔（15）。第二股原料空气流（12）经压缩扩展装置（17）的压缩机

端(16)流至主热交换器(14),从该热交换器中作为支流(18)抽出,并经压缩扩展装置(17)的膨胀器端(19)流到低压塔(25)。压缩扩展装置(17)向上述循环提供冷量。第三股原料空气流(13)经低压空气升压压缩机(20)流入主热交换器(14),在该热交换器,此股气流被冷却到接近其露点温度。生成的冷却流(21)被送至高纯塔或侧支路塔(23)底部的再沸器(22),以使该股流在上述支路塔中再沸腾。从上述再沸器(22)流出的液化空气(24)被送至高压塔(15)。

此外,可使部分或全部液化空气(24)过冷并送至低压塔(25),而不送至高压塔(15)。

高压塔(15)提供和以产生在高压塔底部的富氧液流(粗液氧)(26)的空气初始馏份和在高压塔顶部的高压氮气流(27)。上述粗液氧流(26)的含氧量通常大于30%,更经常的是大于35%。此股流(26)在过冷却器(29)中与来自低压塔(25)顶部的低压氮气流(28)逆向流动而被过冷,然后减压并被送至低压塔(25)的中部。加热后的低压氮气流(28')在被排至大气(废气)或作为副产品流回收之前在主热交换器(14)中被进一步加热。

从高压塔(15)顶部流出的高压氮气(27)至少大部分流(30)被送至低压塔(25)底部的再沸器(31)。从再沸器(31)流出的已冷凝的氮流被分成两股分流(32,33),一股分流(32)用作高压塔(15)的回流,另一股分流(33)在过冷却器(29)中被冷却,然后用作低压塔(25)的回流。

从高压塔(15)顶部抽取的气态氮流(27)的部分流(34)在主热交换器(14)中被加热,以便产作为产品气(GAN)被回收。如果不需要产品氮,可将抽出的全部高压氮流(27)送至再沸器(31)。但是,若需要大量产品氮,通常从低压塔(25)中抽取更有效。

如果需要纯度非常高的氮产品(含氧量级为ppm),用不纯的液氮作为低压塔(25)的回流更有效。在这种情况下,可将再沸器(31)流出的全部已冷凝的氮流送至高压塔(15)的顶部,并从高压塔(15)顶部下方的不同高度处抽取分流(图中未示出),在送至低压塔(25)之前经过冷却器(29)冷却后作为低压塔(25)的回流。

从低压塔(25)的塔釜抽出低纯液氧流(35)送入侧支路塔(23)的顶部。上述低纯液氧被蒸馏,并与被送入再沸器(22)中已冷却的第三股原料空气流(21)逆向流动而再沸腾。高纯氧气流(36)从侧支路塔(23)的塔釜上方流出,并被送至主热交换器(14),从该热交换器中作为产品气[99.5%的气态氧(GOX)]被回收。从侧支路塔(23)流出的贫氧塔顶馏出物蒸汽流(37)正好在低压塔塔釜上方被回送至低压塔(25)。由于送入侧支路塔(23)的液体(35)从低压塔(25)中抽出的位置在粗液氧流(26')的下方,液体(35)中的氧浓度大于粗液氧流(26')中的氧浓度。

从低压塔(25)底部抽出的低纯氧产品流(38)流入主热交换器(14)中,从该热交换器中作为产品(95%的气态氧)被回收。

在图1中,设有一台用以压缩第三股原料空气流(13)的单独的升压器(20),上述第三股原料空气流(13)常在侧支路塔(23)的底部的热交换器(22)中再沸腾。然而,上述第三股原料空气流(13)也可以在压缩扩展装置(17)的压缩机端(16)升压。

图2的实施例与图1 实施例的不同之处在于:从低压塔(25)中抽取低纯氧流(38)作为液流,并在液氧汽化蒸发器210中与第一股已冷却的原料空气流(11)的一部分(215)逆向流动而再沸腾;再沸器(31)重新置于低压塔(25)的中部;以及流入已冷却的原料空气流(212)的另一再沸器(211)位于低压塔(25)的下部。下面仅对两个系统的不同之处进行描述。

抽取已冷却的第一股原料空气流(11')的主要部分作为分流(212)并送至位于低压塔(25)中的底部再沸器(211)。将从上述再沸器(211)流出的已冷凝的空气(213)送入高压塔(15)的中部。

已冷却的第一股原料空气流(11')的剩余部分(较多部分)(215)与来自低压塔(25)的低纯液氧产品(38)在液氧汽化蒸发器(210)中进行上热交换而被部分冷凝。再将所生成的两相原料空气流(214)送至高压塔(15)的底部。

如果需要,可以使已冷凝的空气(213)在上述两相空气流(214)进入高压塔(15)的相同地方流入高压塔而不在高压塔中部进入该塔。这种安排使结构简

单，但效率比送入中点的情况差一些。

可使从空气输入再沸器（22，211）流出的部分或全部液空在过冷却器（29）中冷却，并送入低压塔（25）而不送入高压塔（15）。

将从高压塔顶部流出的至少大部分高压氮气（27）送入再沸器（31），与图1的系统相比，该再沸器重新安置在低压塔（25）的中部。

将从低压塔（25）塔釜抽出的、通过静压头使压力略有增加的低纯液氧流（38）送入液氧汽化蒸发器（210）。借助于已冷却的第一股空气流（215）使氧流（38）沸腾，然后使之在主热交换器（14）中加热，以便作为产品（95%的气态氧）回收。上述液氧汽化蒸发器（210）提高了低纯氧蒸汽的压力，从而降低了压缩功。

图3的实施例与图2不同之处在于通过压缩机310提供第二股原料空气流（12）的压力，将从压缩扩展装置（17）的膨胀机端（19）的排出流（311）送入高压塔（15），而不送入低压塔（25）；向低压塔（25）和/或高压塔（15）提供附加空气流（312/313，312/314）；抽取已冷凝的高压氮流（315）作为最终气态产品（GAN）而不送入的低压塔（25）；省去了液氧汽化蒸发器；从侧支路塔（23）抽取高纯氧产品流（36）作为液体；用液体泵（316，317，318）泵出低纯氧流（38）、高纯氧流（38）和氮产品流（33），以便生产出具有压力的氧产品和氮产品；用从高压塔（15）中出的侧流（319）作为低压塔（25）的回流。下面只对两个系统的不同之处进行描述。

将抽取分流（212）后剩余的已冷却的第二股原料空气流（11'）的一部分（215）直接送入高压塔（15）的底部。

在高压增压空气压缩机（310）中压缩第二股原料空气流（12），并使之分成两路分流（312，320）。主要含有压缩空气的大股分流（312）流入主热交换器（14），使之在该热交换器中冷凝，用以蒸发液体产品。如图3所示，可将液态空气（314）的一部分送入高压塔（15），其它部分（313）在过冷却器（29）中冷却并送入低压塔（25）。当然，也可将全部液空送入高压塔（15）或低压塔（25）。

使从增压压缩机（310）流出的小股空气分流（320）流入压缩扩展装置（17）的压缩机端（16），再在主热交换器（14）中部分冷却之后将其送入压

缩扩展装置(17)的膨胀机端(19),以便产生设备所需的冷量。上述膨胀机输出流(311)与已冷却的第一股原料空气流部分(215)混合,再送入高压塔(15)的底部。也可以从升压压缩机(310)的中间级抽出压缩扩展装置输入,而不象图3所示那样从增压压缩机的排出流中抽出。

最好只使第二股原料空气分流(320)简单地膨胀而不使其压缩、膨胀。在这种情况下可省去压缩扩展装置(17),并将部分已冷却的分流(320)从主热交换器(14)送至取代压缩扩展装置(17)的膨胀机端(19)的膨胀机中。

用一台共用的增压压缩机代替两台增压压缩机(20,310)也是有利的。在这种情况下,可以从共用的增压压缩机中或从共用的增压压缩机输出的产品中抽取侧支路塔(23)再沸腾所需的已压缩的第三股空气流(13)作为支流。

可从高压塔(15)顶部以下的不同高度处抽取不纯回流的支流(319),使之在过冷却器(29)中冷却并送入低压塔(25)的顶部(流319')。

从高压塔(15)的顶部抽取的高压氮流(27)在中间再沸器(31)中被冷凝,并将已冷凝的高压氮流分为回流(32)和产品流(33)。产品流(33)在主热交换器(14)中蒸发之前由液体泵(318)泵出,以便作为气态氮产品(GAN)回收。

从低压塔(25)塔釜抽取的低纯液氧流(38)在经主热交换器(14)蒸发之前也可由液体泵(316)泵出,以便作为低纯气态氧产品(95%GOX)回收。

与此类似,从侧支路塔(23)流出的高液氧流(36)在经主热交换器(14)蒸发之前可由液体泵(317)泵出,以便作为高纯气态氧产品(99.5%GOX)回收。

在图3的实施例中,经过液体泵和在主热交换器(14)中蒸发的产品(产品气,95%的气态氧,99.5%的气态氧)不一定全部回收。可以使各塔中的液态产品和气态产品任意混合。

图4所示实施例是图2实施例的简化形式,在该实施例中省去了液氧汽化蒸发器(210),并将已冷却的第一股原料空气流(11')的(大)部分(215)直接

送入高压塔(15)的底部。从低压塔(25)塔釜抽出的低纯氧产品流(438)为气体而不是液体。

图5所示实施例与图2实施例的不同之处在于:从侧支路塔(23)送入和回流的位置在中间再沸器(31)的上方的低压塔(25)的位置处,并增加了一个氦侧臂塔(510)。下面仅对两个系统的不同之处进行描述。

图5中,从低压的中部、中间再沸器(31)的上方抽取送入侧支路塔(23)的原料流(35)而不是象图2中那样从低压塔(25)的塔釜抽出。此外,也可从中间再沸器(31)下方、低压塔(25)塔釜上方抽取送至侧支路塔(23)的原料流(35)。最好将从侧支路塔(23)的顶部的蒸汽流(37)在低压塔(25)的上述同一位置送回到低压塔。从塔(23)的底部抽取或者为气体(如图2)或者为液体(如图3)的高纯氧产品流(36)。

从侧支路塔(23)中部、上述塔蒸汽中含氮量低的位置上抽取富氦蒸汽流(511)。在上述富氦蒸汽流(511)中氮浓度通常低于1%,优选低于0.5%,最好低于100ppm。富氦流(511)在粗氦塔或侧臂塔(510)中进一步蒸馏。该塔所产生的产品大部分为氦,可以含4%或低于1ppm的氧,氧含量的多少取决于塔中的级数。如果需要,可用任一种合适的纯化器将支流(511)进一步纯化。从侧臂塔(510)底部抽取贫氦液流(512)送回到侧支路塔(23)的中部,最好在抽取蒸汽支流(511)的相同位置处送回到侧支路塔中部。借助于在再沸器(514)中使过冷的粗液氧流(crude LOX)的一部分(513)沸腾,可使侧臂塔(510)顶部的氦冷凝。将汽化的粗液氧流(粗气态氧,515)在合适的位置处送入低压塔(25)。从侧臂塔(510)顶部回收部分氦流作为氦产品流。上述氦产品流最好是再沸器(514)中已冷凝流的一部分(520)。

图6所示的实施例与图3实施例的不同之处在于侧支路塔(23)与低压塔(25)断开,并附加一座氦侧臂塔(510)。下面仅对两个系统的不同之处进行描述。

在图6中,将过冷的富氮不纯回流(319)的一部分(610)送至侧支路塔(23)的顶部,而不是从低压塔(25)中抽取,并将送入低压塔(25)的粗液氧流回路(26)的过冷流的一部分(611)送至侧支路塔(23)的中部。

从侧支路塔(23)流出的蒸汽流(612)是贫氧废气,将其与从低压塔(25)顶部流出的贫氧废气(28)混合。

从侧支路塔(23)底部抽取或者为液体(如图3所示)或者为气体(如图2所示)的高纯氧产品(36)。

从侧支路塔(23)中部、塔蒸汽中含氮量低的位置上抽取富氩蒸汽流(511)。在上述富氩蒸汽流(511)中氮浓度通常低于1%,优选低于0.5%,最好低于100ppm。上述富氩流(511)在侧臂塔(510)中进一步蒸馏。该塔所产生的产品大部分为氩,含氧量呆为4%或低于1ppm,含氧量的多少取决于塔中的级数。如果需要,可用任一种合适的纯化器将上述支流(511)进一步纯化。可将来自侧臂塔(510)底部的贫氩液流(512)送回到侧支路塔(23)的中部,最好在抽的上述蒸汽流(511)的相同位置处送回到侧支路塔中部。借助于在再沸器(514)中使过冷的粗液氧流的一部分(513)沸腾,可使侧臂塔(510)顶部的氩冷凝。将汽化的粗液氧流(粗气态氧,613)在合适的位置处送入侧支路塔(23)。回收从再沸器(514)流出的冷凝的氩流的一部分(520)作为氩产品流。

在图6所示流程的一些其它变型中,可以从送至低压塔(25)的粗液氧流(26)下方的一级中抽出蒸汽流,并在低于汽化的粗液氧(613)的输入处的位置将上述蒸汽流送入侧支路塔(23)。

图7所示实施例与图6实施例的不同之处在于将来自侧臂塔(510)顶部的已汽化的粗液氧流(713)送至低压塔(25),并在低于上述送入低压塔之处的位置上从低压塔(25)抽出蒸汽流(711)送至侧支路塔(23)。

在上述所有实施例中,都可以用氮而不用空气使侧支路塔再沸腾。例如,不用第三股原料空气流(13),而使氮产品流(GAN)在低压升压器压缩机(20)中被压缩。使上述经压缩的氮产品流在主热交换器(14)中冷却到低温后,将其送入侧支路塔(23)的再沸器(22)中。可将所生成的冷凝氮送入高压塔(15)的任一合适位置上。

在所有的实施例中,从初始端(1)输入的空气压力只需和待汽化的低纯氧的压力一样高。该压力与双再沸器循环的低压一致。只需将产生侧支路氧的那部分空气压缩到汽化高纯氧所需的压力。与将全部空气用于产生高纯氧的一些循环和美国专利

5 5 1 5 8 3 3 号所公开的循环相比, 本发明的循环减小了压缩功。

本发明的这种新循环还可减小低压塔(2 5)的尺寸。如果象图6所示那样将侧支路塔(2 3)断开, 由于不必对全部空气流进行纯化, 低压塔(2 5)的总体直径可以更小。由于大的主塔(1 5, 2 5)不再生产高纯氧, 本发明还可减少需要很大的直径的那些级的数目。

由于从侧支路塔(2 3)的中点抽出流(5 1 1)送入侧臂塔(510), 该股流是富氩流(通常含氩6 - 2 2%, 最好含9 - 1 5%)。与一开始就需要送入极贫的氩流(通常含氩量小于4%)的美国专利5 5 1 5 8 3 3号所公开的循环相比, 本发明不仅简化和缩短了侧臂塔, 而且氩的回收率也高得多。

# 说明书附图

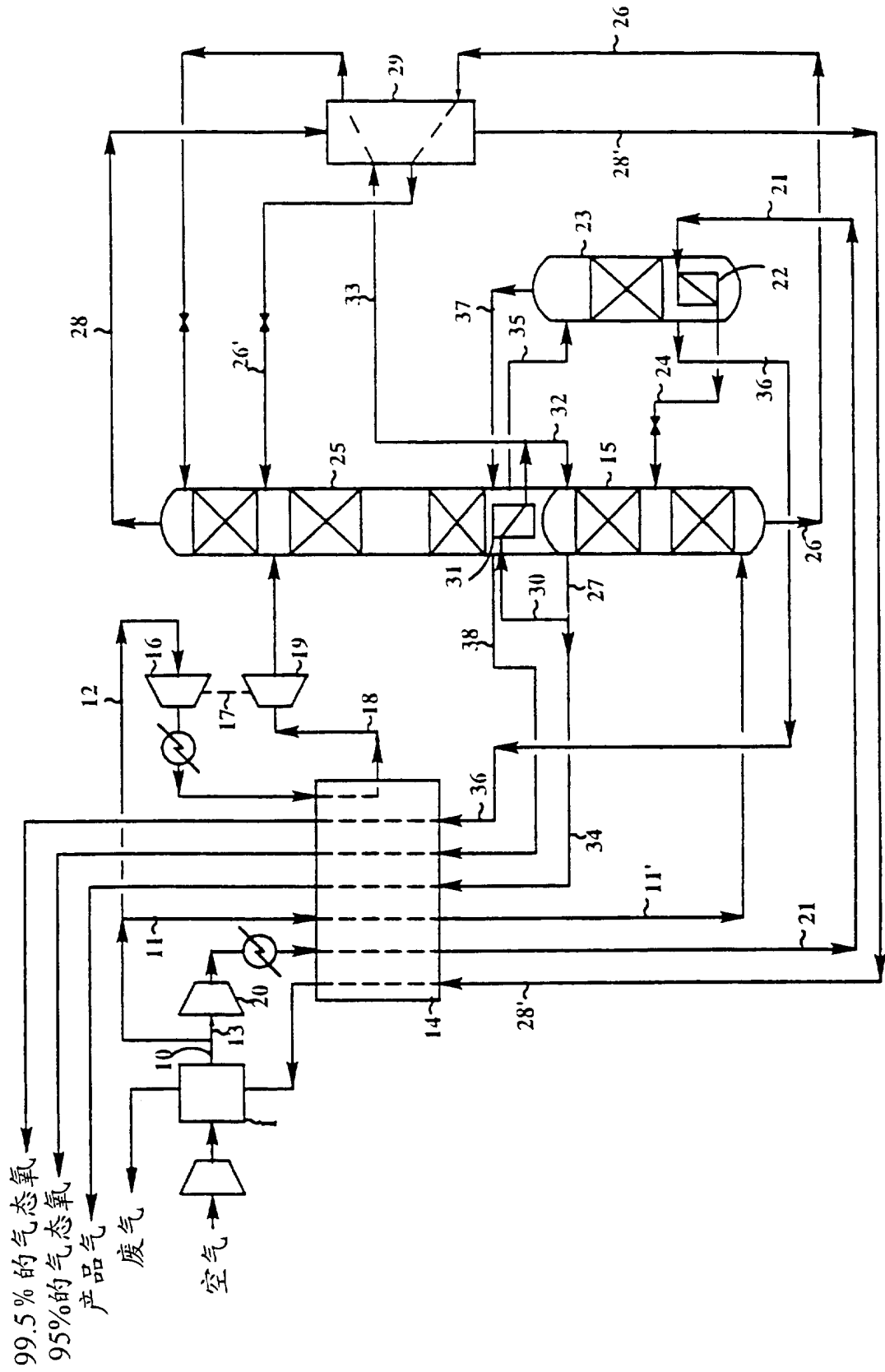


图 1

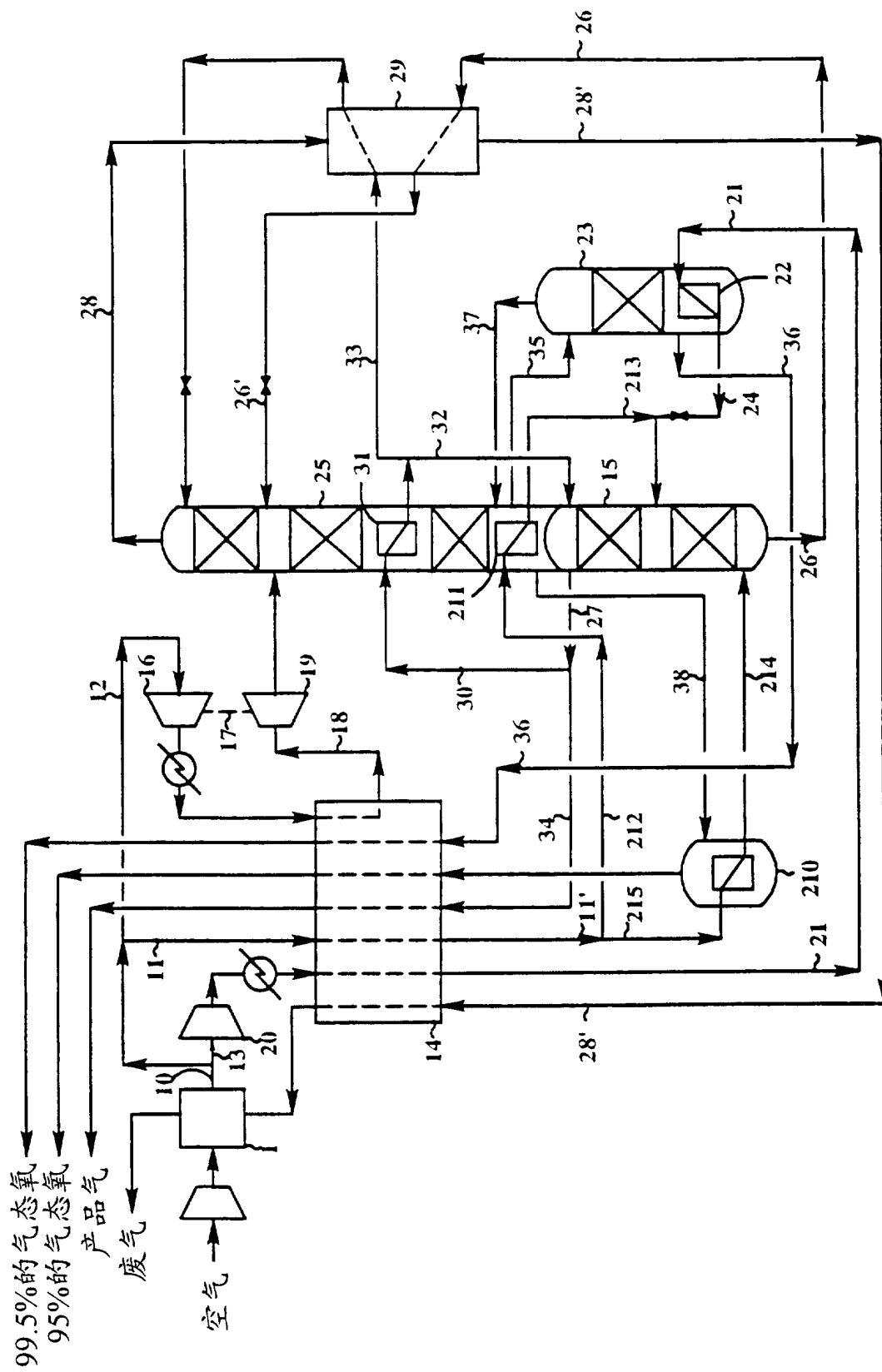


图 2

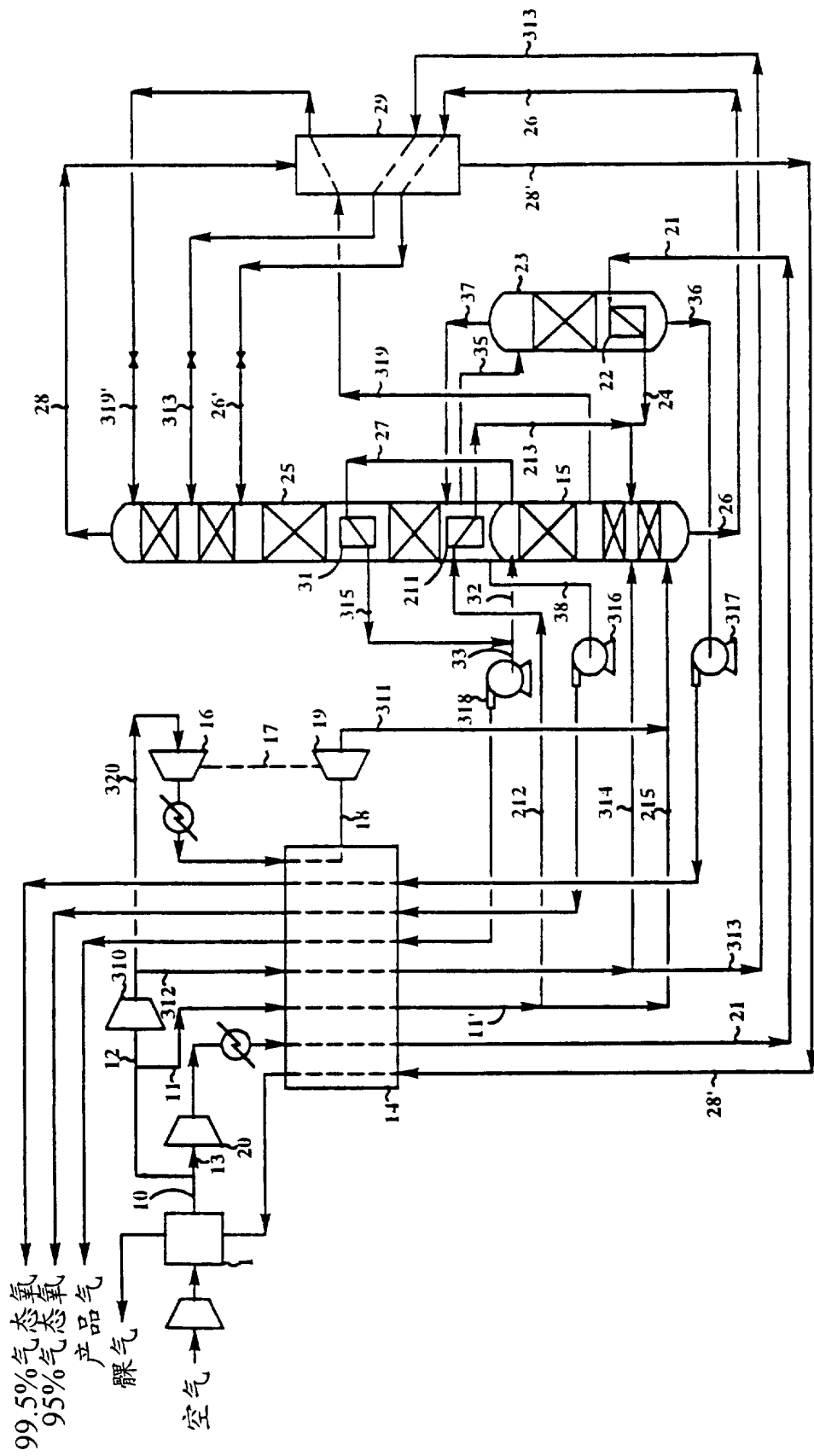


图 3

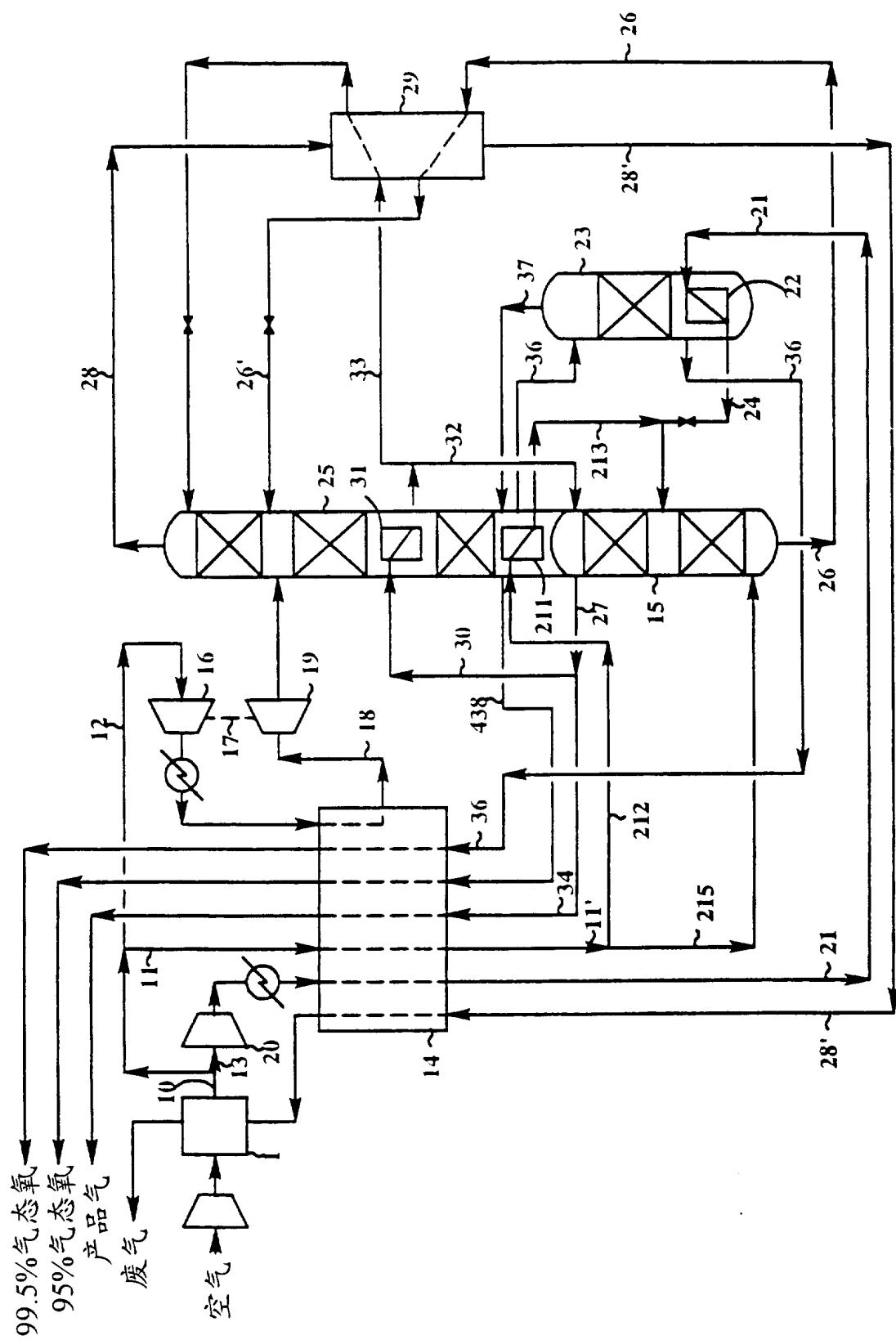


图 4



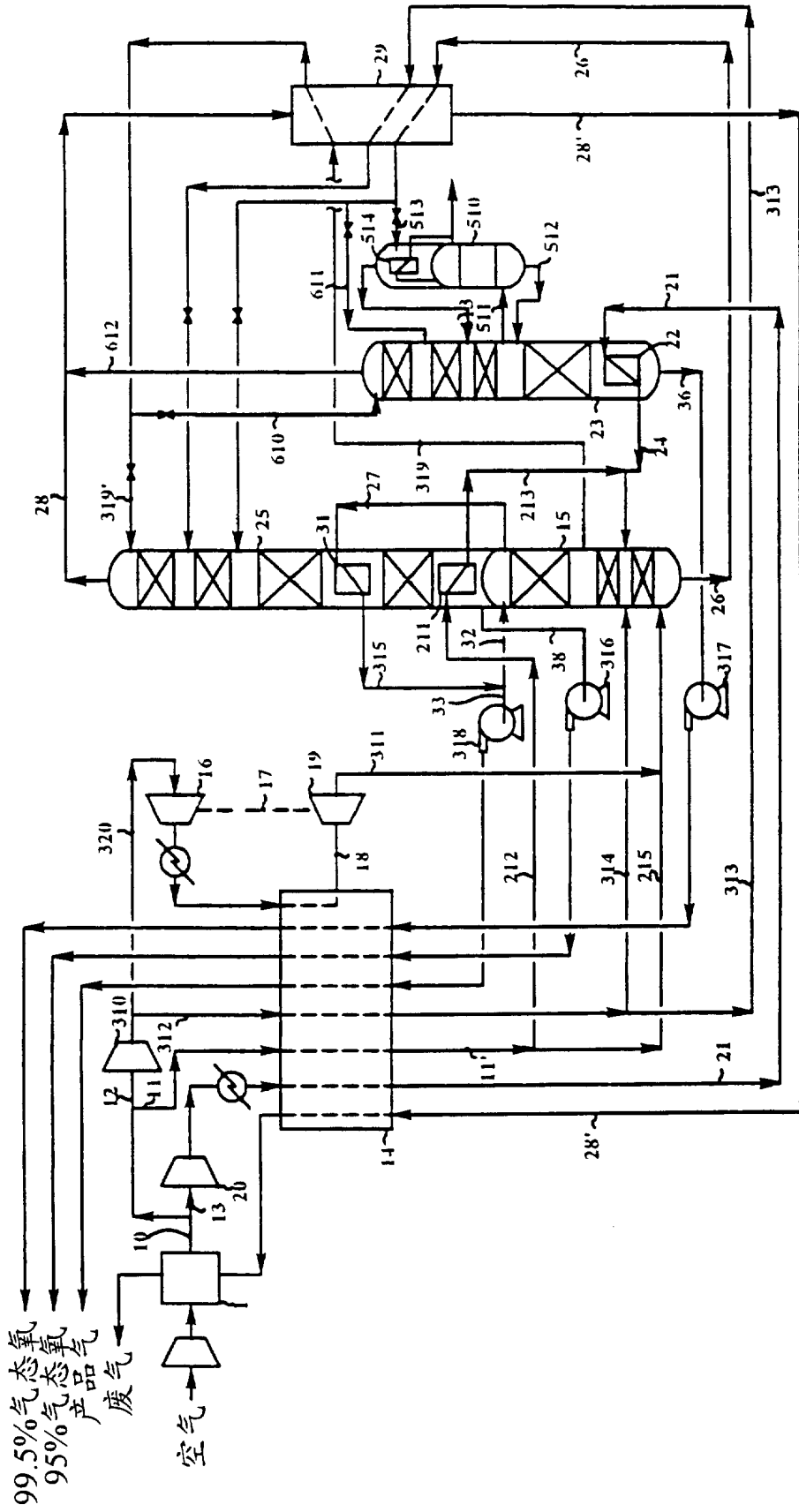


图 6

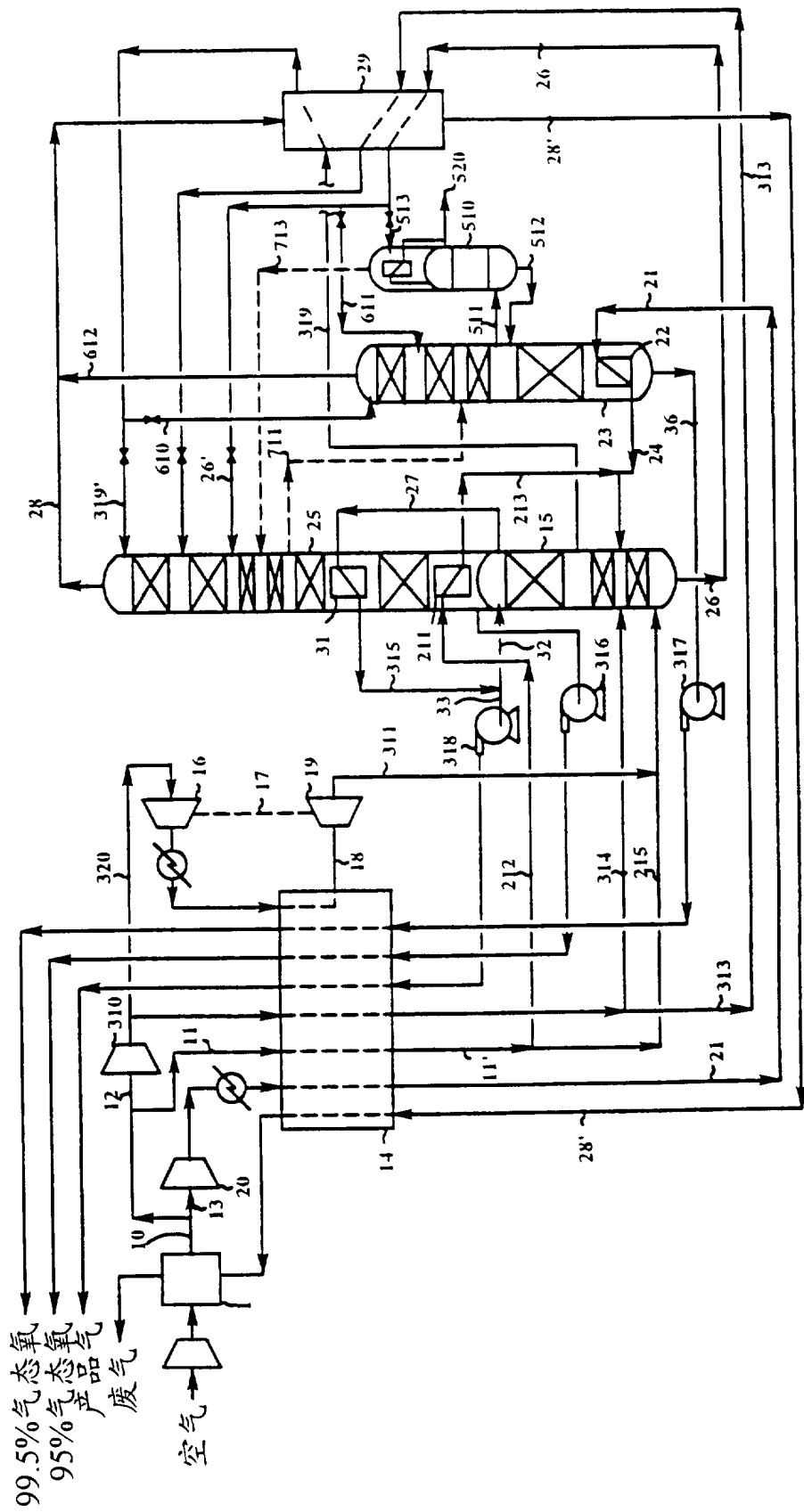


图 7