

权 利 要 求 书

1、一种生产高压氮气的低温精馏方法，它包括：

(A) 把含氮和氧的进料压缩；

(B) 冷却经压缩的进料并把冷却后的进料送入塔中；

(C) 在塔内，借助低温精馏把进料分离成富氮蒸汽和氧增浓液体；

(D) 借助与富氮蒸汽间接换热，使氧增浓液体蒸发，以产生富氮液体和氧增浓蒸汽；

(E) 提高富氮液体压力以产生高压富氮液体；

(F) 借助与压缩流体间接换热，使高压富氮液体蒸发，以产生高压氮气；以及

(G) 回收高压氮气作为产品。

2、权利要求1的方法，其中被压缩流体是进料。

3、权利要求1的方法，其中被压缩流体是氧增浓蒸汽。

4、权利要求1的方法，其中被压缩流体是从塔内抽出并在与加压富氮液换热后又返回塔内的含氮流体。

5、权利要求1的方法，其中压缩流体通过与加压富氮液换热至少部分地冷凝。

6、权利要求1的方法，其中至少一定量冷却的压缩进料在通入塔之前，进行透平膨胀。

7、权利要求1的方法，它进一步包括，通过富氮蒸汽与部分进料间接换热而产出一定量的富氮液。

8、借助低温精馏生产高压氮气的装置，它包括：

(A) 一个塔以及用于向该塔提供含有氮和氧的进料的机构；

(B) 用于将取自塔下段流体送去与取自塔上段流体进行间接换热的机构；

(C) 用于使取自塔上段流体增压的机构；

(D) 一个产品蒸发器和用于将上述增压流体送至产品蒸发器蒸发的机构；

(E) 一台压缩机和用于将从压缩机出来的流体送至产品蒸发器以蒸发所述增压流体的机构；以及

(F) 用于将产品蒸发器出来的增压、蒸发流体回收作为产品的机构。

生产高压及高纯氮气的单塔低温精馏系统

一般地说，本发明是涉及含氧和氮的混合物，如空气的低温精馏，更具体地说，涉及具有改进纯度的高压氮气产品的生产。

诸如空气的混合物低温分离制氮是一项十分成熟的工业方法。将液体和蒸汽以逆流接触方式通过低温精馏装置的塔，氧与氮之间蒸汽压差使氮浓集于汽相，而氧浓集于液相。由于蒸汽压差的缘故，分离塔内压力越低，则越容易分离。因而，制氮分离过程通常在较低的压力下进行。

往往，氮气产品希望是高压的。在这种情况下，可在压缩机中把氮气产品压缩到所需的压力。这种压缩的办法不论从能源费用还是从产品压缩机设备投资来看，都是成本很高的。此外，在氮气产品压缩过程当中，可能产生粒状物等杂质，而如果该氮气是用于诸如半导体制造这样的要求高纯度的场合，此类杂质可能是有害的。在这些情况下，可能就需要一个进一步净化氮气产品的步骤。

生产高压氮气产品的另一个方法是使低温空分装置的塔在高压下运行。在许多情况下，这种做法是不利的，因为为达到所需产品压力所要求的塔操作压力超过能得到最佳循环效率的压力，至使运转费用升高。

有鉴于此，本发明的目的之一是提供一种低温精馏系统，借此系统，在避免在低温精馏装置内采用高操作压力和不需将氮气产品压缩的条件下，就可高效地生产出氮气产品。

借助本发明将达到上述以及其他目的，这一点，对于熟悉此项技术的人，在读了本公开之后将变得显而易见；本发明的一个方面如下：

一种生产高压氮气的低温精馏方法，它包括：

- (A) 把含氮和氧的进料压缩；
- (B) 冷却经压缩的进料并把冷却后的进料送入塔中；
- (C) 在塔内，借助低温精馏把进料分离成富氮蒸汽和氧增浓液体；
- (D) 借助与富氮蒸汽间接换热，使氧增浓液体蒸发，以产生富氮液体和氧增浓蒸汽；
- (E) 提高富氮液体压力以产生高压富氮液体；
- (F) 借助与压缩流体间接换热，使高压富氮液体蒸发，以产生高压氮气；以及
- (G) 回收高压氮气作为产品。

本发明的另一个方面是：

借助低温精馏生产高压氮气的装置，它包括：

- (A) 一个塔以及用于向该塔提供含有氮和氧的进料的机构；
- (B) 用于将取自塔下段流体送去与取自塔上段流体进行间接换热的机构；
- (C) 用于使取自塔上段流体增压的机构；
- (D) 一个产品蒸发器和用于将上述增压流体送至产品蒸发器蒸发的机构；

的机构；

(E) 一台压缩机和用于将从压缩机出来的流体送至产品蒸发器以蒸发所述增压流体的机构；以及

(F) 用于将产品蒸发器出来的增压、蒸发流体回收作为产品的机构。

这里所用术语“塔”意指一种蒸馏或分馏塔或区，即一种接触塔或区，在其中，液相和汽相逆流接触而实现流体混合物的分离，例如，通过汽相和液相在诸如沿塔内竖向间隔设置的一系列盘或板，和/或规则码放和/或无规堆放填料等的汽、液接触元件上，进行接触。有关蒸馏塔的更详细讨论，可参见由R. H. Perry和C. H. Chilton主编；由McGraw-Hill Book公司出版(纽约)的《化学工程师手册·第五版》，第13部分“蒸馏”(B. D. Smith等)，第13-3页，“连续蒸馏过程”。

汽、液接触分离过程依靠各组分间蒸汽压不同来实现。高蒸汽压(易挥发或低沸点)组分趋于浓集在汽相，而低蒸汽压(难挥发或高沸点)组分则趋于浓集在液相。蒸馏乃是这样一种分离过程：可以通过加热一种液体混合物来使挥发组分浓集在汽相，并从而使难挥发组分浓集在液相。部分冷凝是这样一种分离过程：可以通过冷却一种蒸汽混合物来使挥发组分浓集在汽相，并从而使难挥发组分浓集在液相。精馏，或连续蒸馏，是这样一种分离过程：借助将汽相和液相进行逆流处理而实现一连串的部分蒸发和部分冷凝相结合。此种汽、液相间的逆流接触可以包括相间的整体或局部接触。利用精馏原理分离混合物的分离过程的设备常常被称作精馏塔、蒸馏塔或分馏塔，意思是一样的。低温精馏是一种至少部分地在诸如133° K或

更低的低温下进行的精馏过程。

这里所用的术语“间接换热”意指让两股流体处于换热关系而不发生流体间的任何物理接触或互相搅混。

这里所用的术语“进料空气”意指一种主要成分为氮和氧的混合物，例如空气。

这里所用术语“平衡级”意指汽、液间这样一种接触过程：流出的汽流与液流间处于平衡状态。

这里所用术语塔的“上段”和“下段”，分别指塔的上半部分和下半部分。

图1是本发明一个实施方案的简图，其中富氮液体借助与进料换热而蒸发。

图2是本发明另一个实施方案的简图，其中通过与进料换热而产生另一股富氮液流。

图3是本发明又一个实施方案的简图，其中富氮液体借助与来自塔的氮蒸汽换热而蒸发。

图4是本发明再一个实施方案的简图，其中富氮液体借助与氧增浓蒸汽换热而蒸发。

下面将参考附图详细说明本发明。

现在参看图1，进料空气1经主压缩机2压缩，再经分子筛净化器3，清除诸如二氧化碳和水蒸汽等高沸点杂质。也可以使用反向换热器清除进料中的高沸点杂质。压缩后的进料空气的部分流4经增压压缩机5进一步压缩。所得二段压缩部分流6以及剩余的进料空气部分流7，经主换热器8冷却。二段压缩部分流6中的部分流9，从换热器8的中间一点取出，经膨胀机10做功膨胀而产生冷量，然后注入流7。

二段压缩部分流6流经换热器8时，至少发生部分冷凝。所得冷却流6和7被送入低温精馏塔11。较好的是，流6进入塔11的位置比流7进入塔11的位置高至少一个平衡级。

塔11在低于125磅/平方英寸，绝压(Psia)的压力下操作，较好低于70Psia，最好在低于60Psia的压力下操作。一般，塔11的操作压力在35-50Psia范围内。较低的塔11操作压力有利于进料的分离。在塔11内，进料借低温精馏分离成富氮蒸汽和氧增浓液体。塔11包括至少一个塔顶冷凝器，例如塔顶冷凝器12。具有一般含氮量在30-55分子百分数的氧增浓液体，以流13进入换热器14，在其中被过冷，流经阀15，然后进入塔11的塔顶冷凝器12。富氮蒸汽16也可送入塔顶冷凝器12，在此氧增浓液体通过与来自塔的富氮蒸汽间接换热而蒸发，结果产生富氮液体和氧增浓蒸汽。产生的氧增浓蒸汽流17流经换热器14和8而变温，然后从系统取出。

富氮液流18较好经一台液泵增压，例如液泵19。富氮液的一部分20作为塔11的回流液。富氮液压力升至45-250Psia范围内。使富氮液增压的任何其他有效手段也可用于实施本发明。加压富氮液流21流经换热器14而变暖，再流经换热器8与冷却的压缩进料间接换热而蒸发。较好让压缩流体通过与加压的富氮液间接换热而至少部分地冷凝。获得的高压氮气22作为产品回收，其中含有氧10ppm(摩尔)到0.1ppb(摩尔)，压力在45-250Psia之间，不需对产品气进行压缩。在实施本发明过程中，至少50%，较好地至少90%从过程回收的富氮蒸汽取自塔内，用泵升至高压，再蒸发。

图2表示本发明的另一个实施方案，作为精馏塔的一部分采用了两个塔顶冷凝器。图2中数字代号对应于图1对应部件(设备)的代

号，故不再赘述这些部件的详情。现在参看图2，全部进料空气经二段压缩，然后从换热器8中间一点抽出一部分物流30，经膨胀机10透平膨胀，再送至塔11。进料空气的另一部分物流31被送入辅助塔顶冷凝器32，其中，同时也通过富氮蒸汽16。从辅助塔顶冷凝器32出来的进料空气为物流33，该物流经过换热器14和8以后变暖，而后在压缩机2和5之间与进料流1重新汇合。富氮液的部分流34可以作为除氮气产品外的液氮产品回收。图2所示实施方案的优点在于，它可能获得较图1所示实施方案高的氮回收率。其原因在于，进塔的液态进料量比之图1所示实施方案的情况有所减少。

图3表示本发明又一实施方案，其中氮流体被用来蒸发富氮液。图3中数字代号对应于图1中的代号，代表相应的部件(设备)，故对这些部件的详细情况，就不再详述。现在参看图3，全部经二段压缩的进料空气通过换热器8和透平膨胀机10成为流35，然后进入塔11。含氮在98-99.999%的蒸汽流39被从塔11中抽出，流经换热器14和8而变暖，经压缩机38压缩，再送回换热器8，在换热器8中，这股流被用来蒸发富氮液21。形成的氮流体流37较好地通过换热器8过程中至少部分地冷凝，将该流返回经过换热器14，经过阀36，再返回塔11，其导入点较好地比流39抽出(从塔11)点高至少一个平衡级。在图3所示实施方案中，所表示的压缩氮流与富氮液间接换热是在单一的换热器8中进行的。但是这并非所要求的，且这一换热过程可以在一个分开的换热器中进行。这就是说，主换热器8可任选地是两个或两个以上单独的换热器。

图4表示本发明再一个实施方案，其中采用氧增浓流体来蒸发富氮液。图4中数字代号与前面各图表示相应部件的代号相对应，故有

关这些对应部件详情，就不再叙述。现在参看图4，氧增浓流体17的一部分，即流41，经由压缩机42压缩，再通过换热器8返回，在其中，使富氮液21蒸发。获得的氧增浓流体43较好地至少有部分冷凝，将该股流体注入流13，随后通过换热器14和阀15进入塔顶冷凝器12。在图4所示实例中，压缩的氧增浓蒸汽与富氮液之间的换热是在单一的换热器8中进行的。但这并非是必须的，此种换热可以在一个分开的换热器中进行。即是说，主换热器8可任选地是两个或两个以上单独的换热器。

可见，采用本发明可以通过一个单塔低温精馏装置生产出高压氮气，而同时又不需要把氮气产品压缩。尽管已经结合某些较好实例对本发明做了详述，熟悉此项技术的人会意识到，在本权利要求的原则和范围内，尚有另外一些实例。例如，附图所示各实例当中的每一个实例里，主换热器同时也起着产品蒸发器的作用。而另一方面，如上面已经讨论过的，富氮液的蒸发可以在一个与主换热器（进料在其中冷却）分开的换热器中进行，故在这种情况下，这个单独的换热器就将是本发明中的产品蒸发器了。

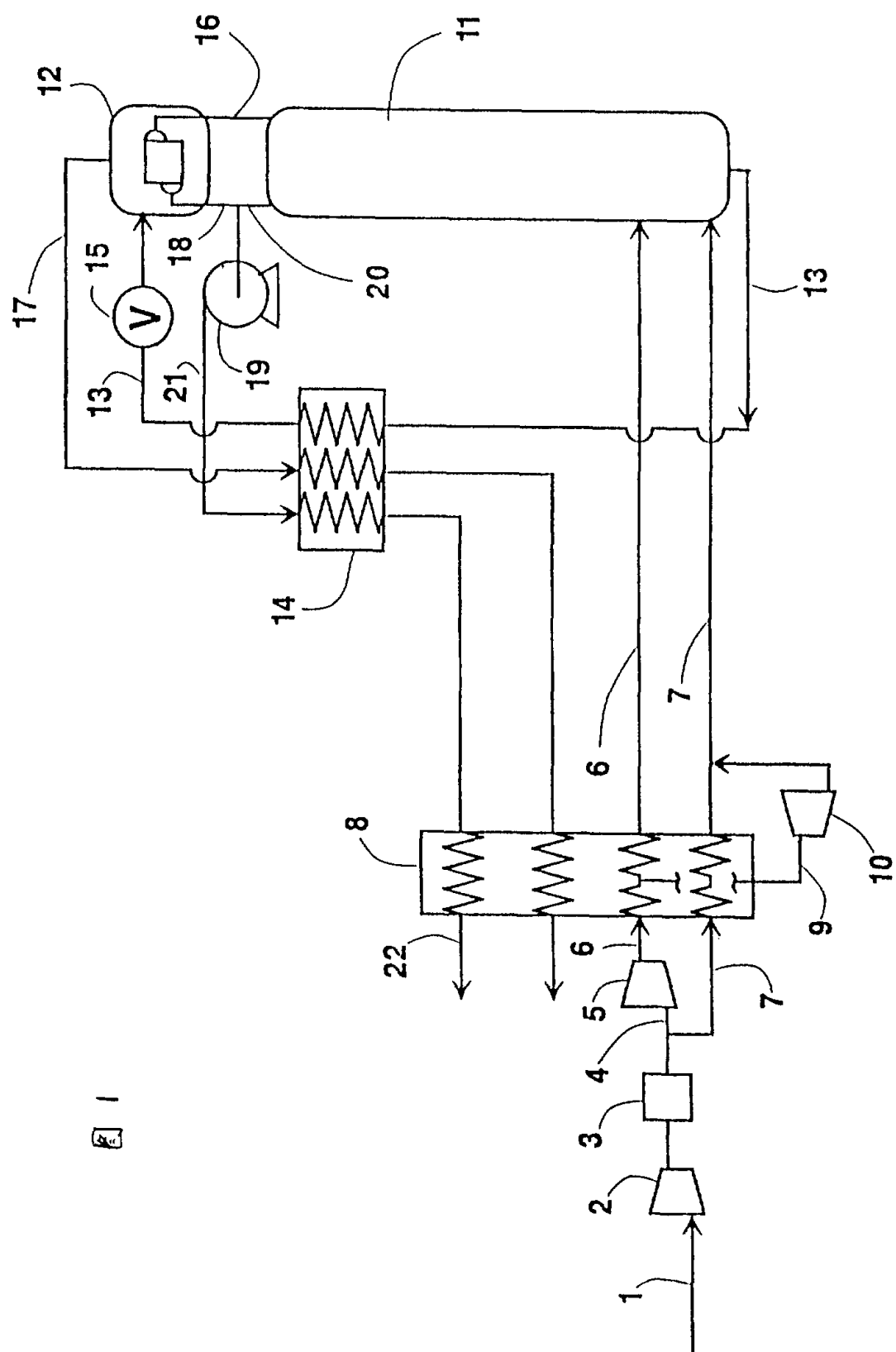
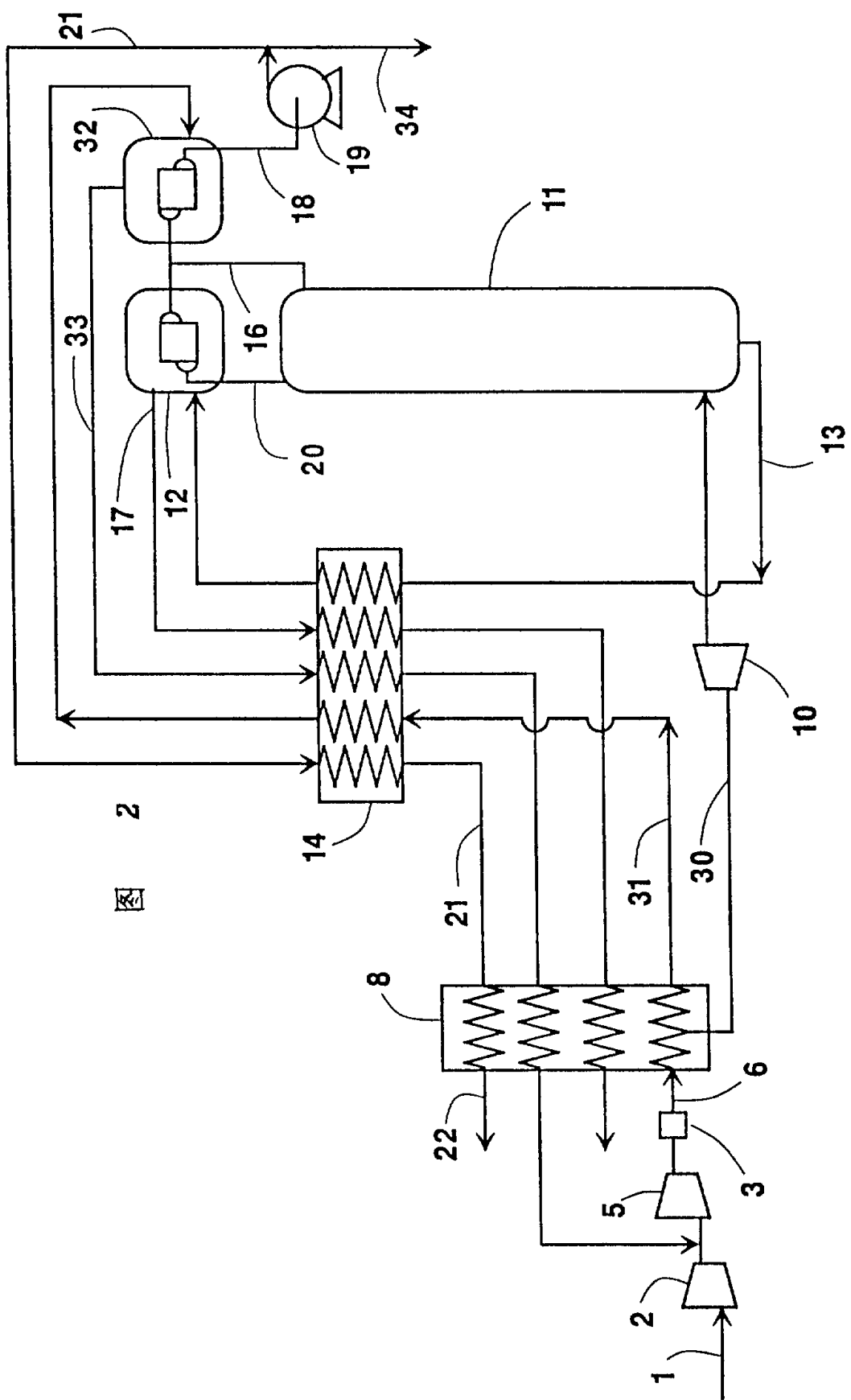


图 1



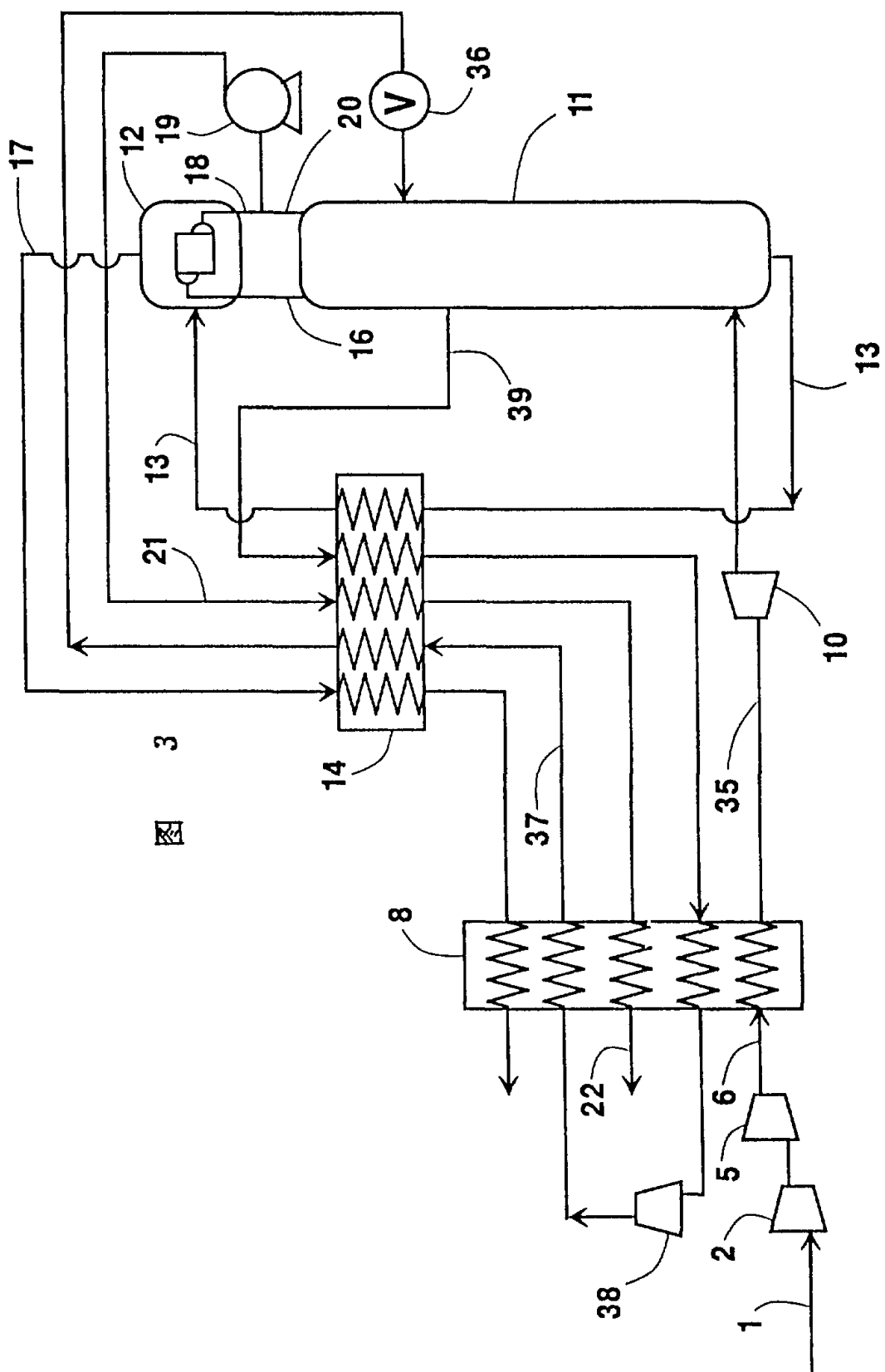


图 3

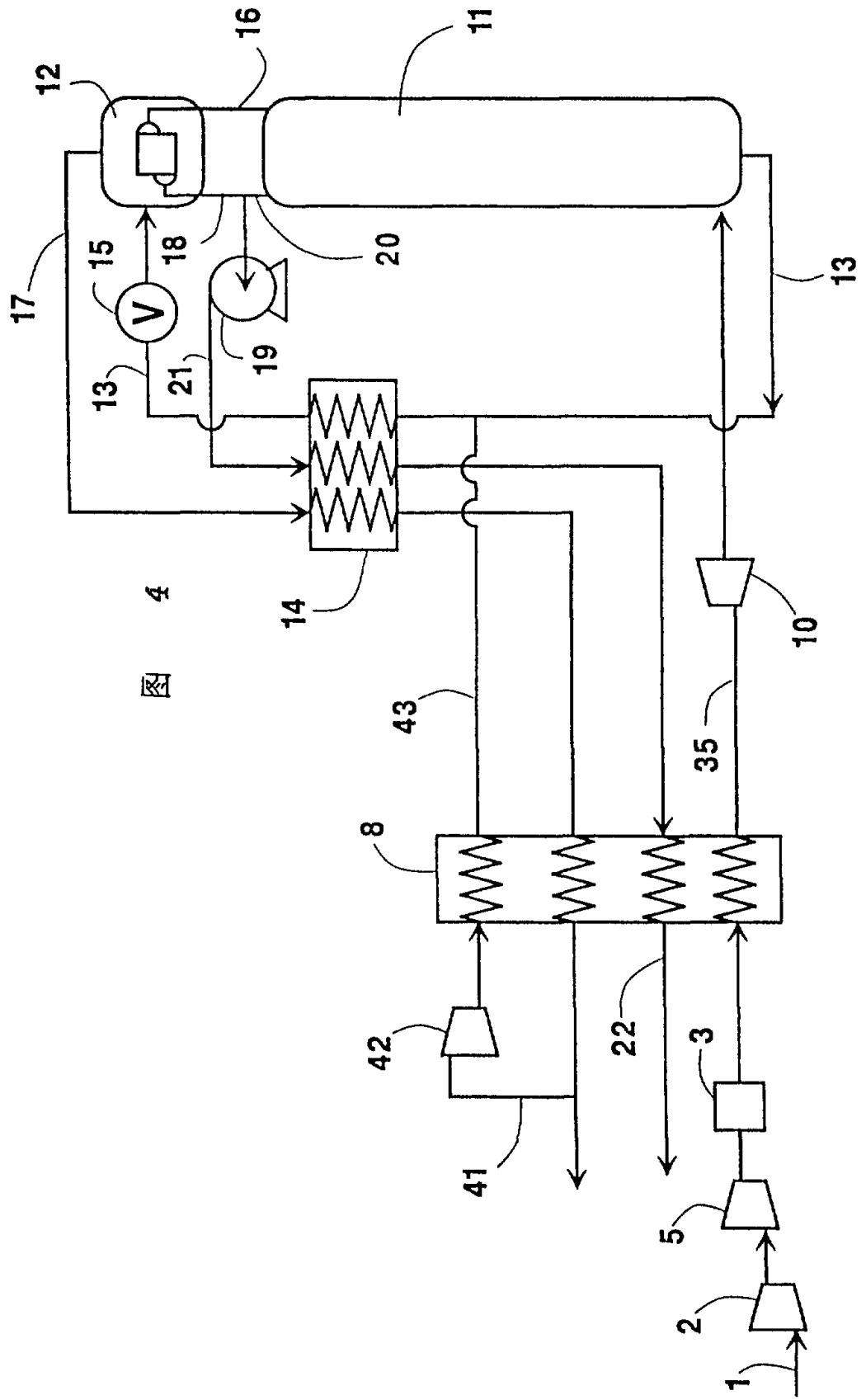


图 4